

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної
інфраструктури

Кафедра транспортних систем і логістики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему **Визначення показників функціонування
транспортної мережі в умовах міста**

Виконала: студентка 2 курсу, групи М РозГранс 2024-1,
спеціальність 275 «Транспортні технології (за

видами)», освітньо-наукова програма

«Розумний транспорт і логістика для міст»

Бабич А. В.

Керівник: Бурко Д. Д.

Рецензент: Давідюк Ю. О.

Харків - 2026 року

**Харківський національний університет міського господарства
ім. О.М.Бекетова**

ННН Енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра Транспортних систем і логістики
Освітньо-кваліфікаційний рівень Магістр
Спеціальність 275 «Транспортні технології (за видами)»
Освітньо-наукова програма «Розумний транспорт і логістика для міст»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф. Куш С. І.

2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТИЦІ

Бабія Анастасія Василівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Визначення показників функціонування транспортної мережі в умовах міста

керівник роботи Бурко Д. Л., к. т. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» лютого 2026 року
№ 184/03.

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи міська транспортна мережа, параметри транспортного попиту, дорожні умови, характеристики транспортних потоків

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розвинути) Розділ 1. Аналіз сучасного стану. Розділ 2. Моделювання транспортних потоків в транспортній мережі міста. Розділ 3. Визначення показників функціонування транспортної мережі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація в електронному вигляді

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання	завдання
		видав	прийняв
Антипавлов	інж. Толмачов І. О.		

7. Дата видачі завдання 01.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану	01.02.26-31.03.26	Вик.
2	Модельовання транспортних потоків в транспортній мережі міста	01.04.26-30.04.26	Вик.
3	Визначення показників функціонування транспортної мережі	01.05.26-18.05.26	Вик.

Студентка

Бабич А. В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Бурко Д. Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 75 сторінок, 21 рисунок, 11 таблиць,
3 довідка, 20 джерел в переліку посилань.

Об'єкт дослідження: функціонування транспортної мережі.

Предмет дослідження: показники функціонування міської транспортної мережі.

Мета роботи: визначення показників функціонування транспортної мережі в умовах міста.

Методи дослідження: аналітичний метод, метод натурних спостережень, метод статистичної обробки даних та регресійного аналізу, розрахунковий метод, графічний метод.

Отримані результати: визначені показники функціонування транспортної мережі. Рівняння зміни показників залежно від обсягів руху описуються поліномами другого порядку. Визначено, що зв'язок між показниками та обсягами руху є функціональним.

ТРАНСПОРТНА СИСТЕМА, ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА, МОДЕЛЮВАННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ, ПОКАЗНИКИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ.....	7
1.1 Проблеми функціонування транспортних систем сучасних міст та шляхи їх вирішення.....	7
1.2 Характеристика об'єкта дослідження.....	15
1.2.1 Схема транспортної мережі.....	15
1.2.2 Характеристика дорожніх умов.....	18
1.2.3. Характеристика транспортних потоків.....	23
1.3 Висновки по розділу.....	26
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ МІСТА.....	27
2.1. Моделювання процесу функціонування транспортної мережі.....	27
2.2. Визначення якісних показників руху транспортних потоків в транспортній мережі.....	37
2.3. Висновки по розділу.....	42
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ.....	45
ВИСНОВКИ.....	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	54
ДОДАТОК А.....	56
ДОДАТОК Б.....	66
ДОДАТОК В.....	73

ННІ ЕТІМ РозТранс 2024-1 РОЗТРАНС XXV ХПЗ

Міст.	Др.	Міст.	Др.	Міст.	Др.	Міст.	Др.	Міст.	Др.
Розроб.	Байбас А. В.					Літ.	Др.	Архивні	
Перевір.	Бурко І. І.					К. Р.	Др.	З.	Др.
Реценз.						Підсумовальні записки			
Н. Керув.	Бурко А. І.					ХНУМГ ім. О. М. Бекетова			
Керув.	Курт І. І.								

ВСТУП

Функціонування транспортної мережі міста є одним із ключових чинників забезпечення сталого соціально-економічного розвитку міських територій. У сучасних умовах зростання рівня автомобілізації та підвищення мобільності населення особливого значення набуває питання ефективного утримання транспортних систем. Від рівня організації руху, пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі та якості транспортного обслуговування безпосередньо залежить не лише швидкість і комфорт пересування, але і екологічний стан міського середовища, економічна ефективність перевезень та якість життя населення.

Визначення показників функціонування транспортної мережі є важливим етапом аналізу та планування її розвитку. Ці показники дозволяють комплексно оцінити стан транспортної системи, виявити проблемні ділянки, визначити рівень завантаження мережі та визначити ефективність руху транспортних потоків в ній. До основних характеристик функціонування мережі належать інтенсивність руху, швидкість транспортних потоків, рівень затримок, коефіцієнти завантаження доріг, а також показники доступності та надійності транспортних сполучень. Їх аналіз дає можливість обґрунтувати управлінські рішення щодо оптимізації транспортних процесів в мережах міст.

Таким чином, визначення показників функціонування транспортної мережі є необхідною передумовою для ефективного управління транспортними потоками та міським транспортом. Тому тема кваліфікаційної роботи щодо визначення показників функціонування транспортної мережі в умовах міста є актуальним завданням.

РОЗДІЛ I АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ

1.1 Проблеми функціонування транспортних систем сучасних міст та шляхи їх вирішення

Сучасний етап розвитку урбанізованих територій характеризується інтенсивною концентрацією населення, економічної діяльності та інфраструктури у межах міст, що формує складні просторово-функціональні системи з високою динамікою переміщень. За оцінками міжнародних організацій, понад 55% населення світу проживає у містах, і ця частка продовжує зростати, що обумовлює експоненційне збільшення попиту на транспортні послуги [1]. У таких умовах транспортна система перестає бути лише інструментом переміщення та перетворюється на визначальний фактор соціально-економічної ефективності міста, його екологічної стійкості та якості життя населення [2, 3].



Рис. 1.1. Проблеми функціонування транспортних систем сучасних міст

Однією з найбільш критичних проблем є перевантаження транспортної інфраструктури, яке проявляється у хронічних заторах (рис. 1.2), нестабільності

швидкісних режимів руху та зниженні надійності транспортних систем. З наукової точки зору, затори є наслідком нелінійної поведінки транспортних потоків, коли навіть незначне перевищення попиту над пропускною здатністю призводить до

різкого падіння швидкості руху та виникнення так званих «хвиль щільності».

Теорія транспортних потоків [4] пояснює ці явища як фазові переходи між вільним, синхронизованим і заторним режимами руху. У практичному сенсі це

означає значні втрати часу, підвищення витрат на перевезення та зниження продуктивності транспортної системи. За оцінками [5], економічні втрати від заторів у великих містах можуть сягати кількох відсотків валового міського продукту.



Рисунок 1.2 – Транспортні затори в місті

Поглиблення проблеми перевантаження значною мірою зумовлене домінуванням тривалого автомобільного транспорту. Модель автомобілецентричного розвитку, що сформувалася у другій половині двадцятого століття, стимулювала розширення дорожньої мережі та урбанізацію, однак у довгостроковій перспективі вона призвела до зростання залежності від автомобілів і, як наслідок, до перевищення інфраструктурних можливостей міст. Парадокс Брасса [6] демонструє (рис. 1.3), що збільшення кількості доріг не

завжди покращує ситуацію, а іноді навіть погіршує її через нерациональну поведінку користувачів транспортної мережі.

ПАРАДОКС БРАЕСА

Парадокс Браесса – це парадокс, який може виникнути в транспортній мережі, коли додавання нових вузлів або зв'язків призводить до погіршення загальної швидкості руху транспортних засобів.

Парадокс Браесса – це парадокс, який може виникнути в транспортній мережі, коли додавання нових вузлів або зв'язків призводить до погіршення загальної швидкості руху транспортних засобів.

НАСЛІДКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНУВАННЯ

ДЕ ЗУСТРАЧАЄТЬСЯ ПАРАДОКС БРАЕСА?



Рисунок 1.3 – Наслідки парадоксу Браесса для транспортних систем

Суттєвим наслідком інтенсивного автомобільного руху є погіршення екологічного стану міського середовища. Транспортний сектор є одним із ключових джерел викидів парникових газів і забруднюючих речовин, зокрема оксидів азоту, дрібнодисперсних частинок та вуглекислого газу (рис. 1.4). За даними [7], у багатьох містах частка транспорту у загальних викидах становить понад 30–40%. Вплив цих викидів на здоров'я населення є значним і проявляється у зростанні захворюваності на серцево-судинні та респіраторні хвороби. Дослідження [8] підтверджують прямий зв'язок між концентрацією забруднюючих речовин і смертністю у містах.

Важливим аспектом функціонування транспортних систем є організація паркувального простору. Дефіцит паркувальних місць у центральних районах міст створює додаткові транспортні потоки (рис. 1.5), пов'язані з пошуком паркування, які можуть становити до 30% загального трафіку [9].



Рисунок 1.4 – Перевантажність транспортних мереж та смог над містом

Це явище посилює затори, збільшує викиди та погіршує використання міського простору. Неадекватна політика паркування також стимулює використання приватних автомобілів, створюючи замкнене коло транспортних проблем.

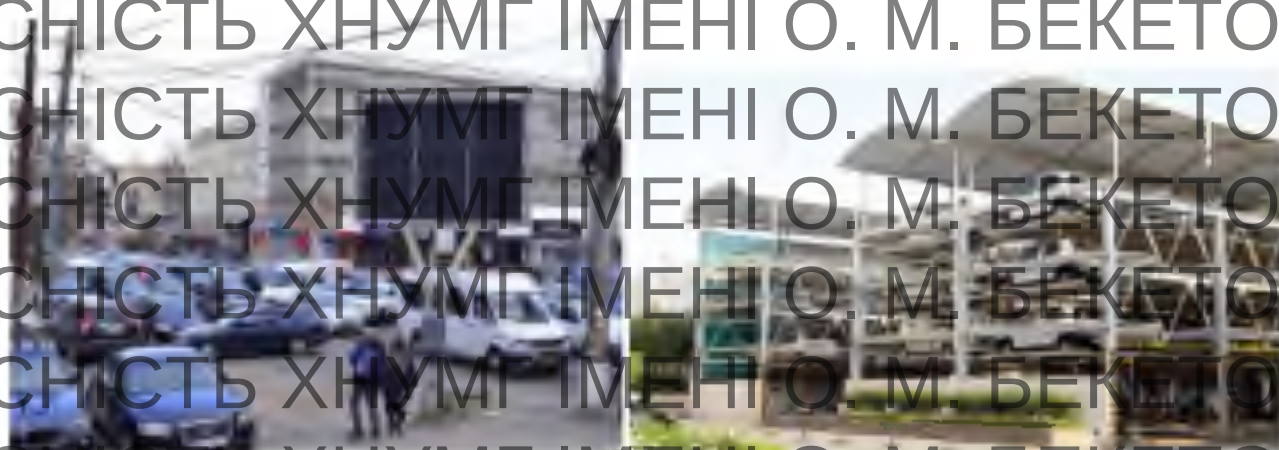


Рисунок 1.5 – Дефіцит паркувальних місць в містах

Безпека дорожнього руху є ще одним критичним виміром (рис. 1.6). Високий рівень автомобілізації, недосконалість інфраструктури та людський фактор спричиняють значну кількість дорожньо-транспортних пригод. За нашими [8], щороку у світі внаслідок ДТП гине понад 1,3 мільйона людей, причому значна

частка цих випадків припадає на міські території. Недостатня увага до потреб пішоходів і велосипедистів поглиблює цю проблему, формуючи небезпечне середовище для вразливих учасників дорожнього руху.



Рисунок 1.6 – Проблеми безпеки дорожнього руху

Не менш важливою є проблема просторової організації міста. Розширення міської забудови (рис. 1.7) призводить до збільшення середніх відстаней між місцями проживання, роботи та надання послуг, що стимулює використання автомобілів і знижує ефективність громадського транспорту.

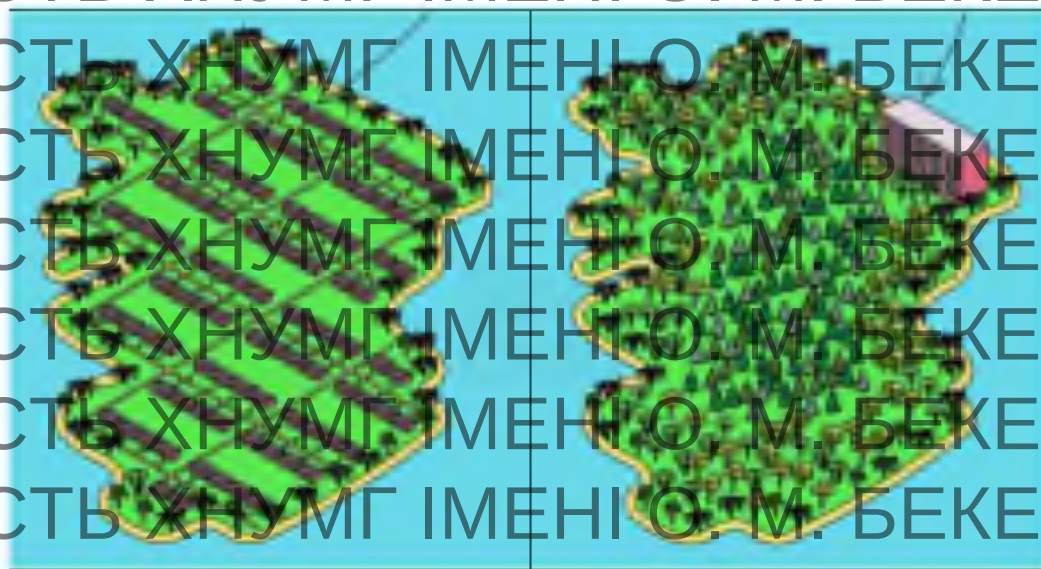


Рисунок 1.7 – Приклади нерационального розширення міських територій (ліворуч) та міської компактності (праворуч)

Дослідження [10] підтверджують факт того, що подальше розширення міської забудови прямо корелює зі зменшенням автомобільної залежності та рівнем

енергоспоживання у транспортному секторі. Неefективне транспортне планування знижує доступність і збільшує транспортні витрати [11, 12].

У відповідь на зазначені виклики сучасна наукова думка пропонує комплексний підхід до трансформації транспортних систем, що базується на принципах сталого розвитку та інтегрованого планування. Одним із ключових напрямів є розвиток громадського транспорту як основи міської мобільності.

Ефективні системи громадського транспорту (рис. 1.8), такі як метрополітен, швидкісні трамваї та автобуси швидкого сполучення (BRT), здатні забезпечити перевезення значної кількості пасажирів з мінімальними витратами простору та енергії. Важливим аспектом є інтеграція різних видів транспорту в єдину систему з узгодженими розкладами, тарифами та інфраструктурою пересадок [13].

ЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ



Рисунок 1.8 Ефективні системи громадського транспорту

Важливу роль відіграє впровадження інтелектуальних транспортних систем, які використовують сучасні інформаційно-комунікаційні технології для оптимізації управління транспортними потоками. Інтелектуальні транспортні системи включають системи адаптивного регулювання світлофорів, моніторингу

трафіку в реальному часі, навігаційні сервіси та автоматизовані системи управління дорожнім рухом. Дослідження показують, що такі системи можуть суттєво знизити затримки, підвищити безпеку та ефективність використання інфраструктури [14].



Рисунок 1.9 – Застосування інтелектуальних транспортних систем
(<https://www.yumextraffic.com/>)

Одним із перспективних напрямів є управління попитом на транспорт, яке передбачає використання економічних та адміністративних інструментів для регулювання транспортної поведінки населення. До таких заходів належать платний в'їзд у центральні райони, диференційовані тарифи на паркування, розвиток каршерінгу та стимулювання використання громадського транспорту. Практика міст, таких як Лондон і Сінгапур, демонструє високу ефективність цих заходів у зниженні заторів та покращенні екологічної ситуації [15].

Розвиток екологічно чистого транспорту є ключовим елементом стратегії декарбонізації міського середовища (рис. 1.10). Електромобілі, електробуси та інші види низьковольтного транспорту дозволяють значно скоротити викиди шкідливих речовин. Водночас важливим є забезпечення відповідної інфраструктури, зокрема мережі зарядних станцій та енергетичної системи, що базується на відновлюваних джерелах енергії [16].

Особливу увагу у сучасних дослідженнях приділяють розвитку активної мобільності, зокрема пішохідного та велосипедного руху. Створення безпечної та зручної інфраструктури для цих видів пересування сприяє не лише зменшенню

транспортного навантаження, але й покращенню здоров'я населення та соціальної взаємодії у міському середовищі. Концепція «міста для людей», запропонована [17, 18], підкреслює необхідність переорієнтації міського простору на потреби людини, а не автомобіля.

Скорочення викидів парникових газів, покращення якості повітря та підвищення якості життя у містах

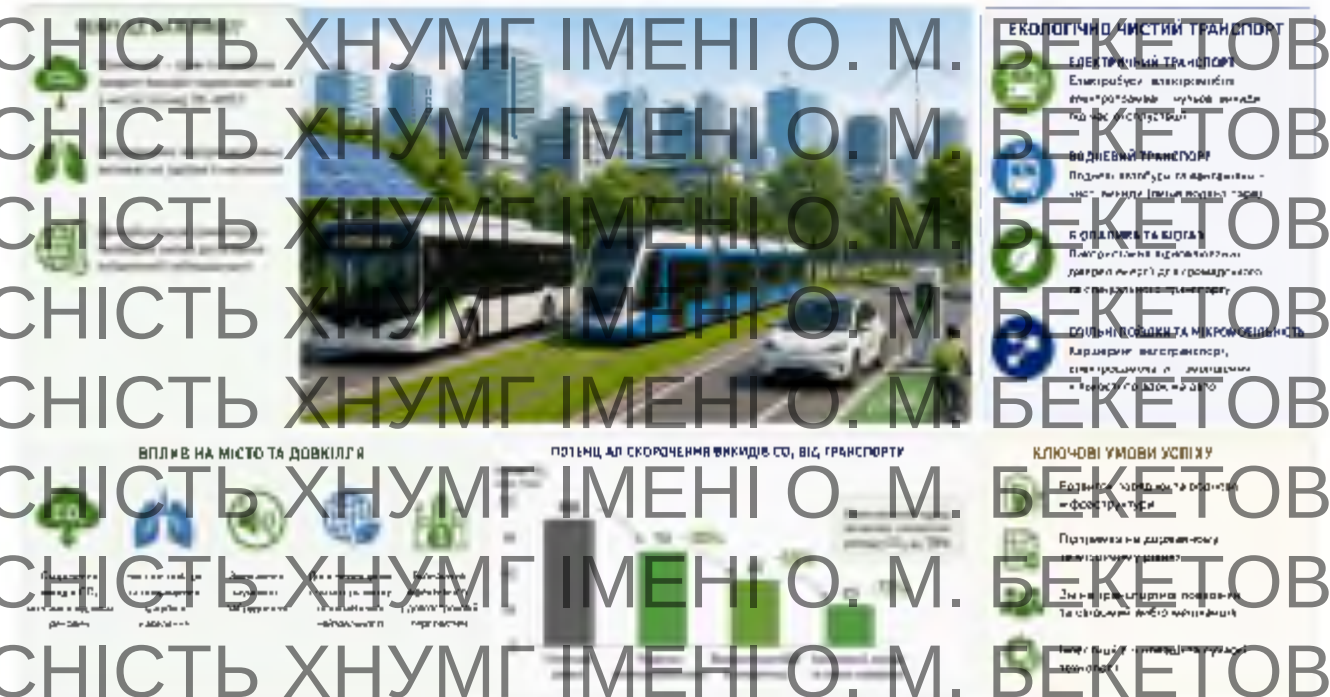


Рисунок 1.10 – Стратегія декарбонізації міського середовища

Не менш важливим є впровадження принципів сталого містобудування, зокрема концепції компактного міста та зміняного використання територій. Такий підхід передбачає інтеграцію житлових, комерційних і соціальних функцій у межах доступності, що зменшує потребу у тривалих поїздках і сприяє розвитку локальних сільських. Транзитно-орієнтований розвиток є одним із найбільш ефективних інструментів реалізації цієї концепції, оскільки передбачає формування забудови навколо вузлів громадського транспорту [19].

Узагальнюючи, слід зазначити, що транспортні проблеми сучасних міст є результатом складної взаємодії інфраструктурних, соціально-економічних та поведінкових факторів. Їх вирішення потребує системного підходу, який поєднує розвиток інфраструктури, впровадження технологій, зміну транспортної поведінки та трансформацію просторової організації міста [20]. Лише комплексна

реалізація цих заходів здатна забезпечити формування ефективної, безпечної та екологічно стійкої транспортної системи, що відповідає сучасним викликам.

1.2 Характеристика об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження в магістерській роботі, є міська транспортна мережа м. Харкова, що розташована в районі залізничодорожньої станції «Левада», центрального Автовокзалу міста. Міська транспортна мережа обмежена магістралями загальноміського та районного значення пр. Аерокосмічним, пр. Героїв Харкова, м-н. захисників України, вул. Молотова.

1.2.1 Схема транспортної мережі

Створення схеми транспортної мережі полягає у визначенні основних місць утворення та поглинання транспортних потоків. Такими місцями можуть вважатися наземні та підземні паркінги, дворові проїзди, де запарковані приватні автомобілі мешканців, в зонах багатоповерхової забудови, гаражі кооперативів, місця тяжіння транспортних засобів на парковках супермаркетів ринків, тощо. В схему транспортної мережі включаються перехрестя зі значними обсягами руху. Таким чином отримуємо перелік вузлів транспортної мережі, представлених на рис. 1.11. При цьому будемо розуміти факт того, що вузол транспортної мережі є центром транспортного району, який буде мати смислові характеристики.

Після визначення переліку вузлів транспортної мережі, проводимо обстеження обсягів прибуття та відправлення транспортних потоків. Для цього об'єктові розташовується в зоні вузла транспортної мережі, і фіксує транспортні засоби, що прибувають або відправляються із такої зони. Фіксація проводиться протягом п'ятнадцяти хвилинних інтервалів, після чого обсяги відправлення та прибуття приводяться до годинних показників. В результаті отримуємо обсяги, представлені в табл. 1.1.



Рисунок 1.11 – Перелік вузлів транспортної мережі

Таблиця 1.1 Обсяги відправлення/прибуття в центрах транспортних районів

№ вул	Адресне позначення центру транспортного району	Обсяги	Обсяги
		утворення, авт.	поглинання, авт.
1	2	3	4
1	пр. Героїв Харкова	950	943
2	пр. Героїв Харкова м-н. Оборонний Вал	15	15
3	пр. Героїв Харкова м-н. Оборонний Вал	18	18

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
4	м-н. Оборонний Вал	342	0
5	м-н. Оборонний Вал	0	642
6	пр. Героїв Харкова - вул. Б. Хмельницького	242	286
7	пр. Героїв Харкова - вул. Військова	33	88
8	пр. Героїв Харкова вул. І. Малицького	105	47
9	вул. Військова - вул. І. Малицького	44	66
10	м-н. захисників України - вул. Військова	142	230
11	пр. Героїв Харкова м-н. захисників України	22	44
12	пр. Героїв Харкова	1630	1784
13	м-н. захисників України - вул. Б. Хмельницького - вул. Руставелі	155	346
14	м-н. Героїв Небесної Сотні - вул. Руставелі	17	33
15	м-н. Героїв Небесної Сотні - вул. Руставелі	0	0
16	пр. Аерокосмічний - м-н. Героїв Небесної Сотні	200	230
17	пр. Аерокосмічний - вул. Г. Тарасенка	20	132
18	пр. Аерокосмічний	1548	1664
19	вул. О. Громадського	632	0

11 продовження табл. 1.1

1	2	3	4
20	вул. Г. Тарасенка - пров. Нікітінський	163	108
21	вул. Руставелі - пров. Нікітінський	33	55
22	вул. Г. Тарасенка - вул. Молочна	170	234
23	вул. Г. Тарасенка	774	669
24	пр. Аерокосмічний - вул. Молочна	100	245
25	вул. Молочна	780	658
26	пр. Аерокосмічний	1778	1386
27	вул. Святодухівська	194	117
28	пр. Аерокосмічний - пров. Мовчанівський	200	190
29	пр. Аерокосмічний - вул. Малом'яслицька	135	155
30	м-н. захисників України - вул. О. Громадського	43	100

1.2.2 Характеристика дорожніх умов

Для надання характеристик дорожніх умов, зазначеного району дослідження, необхідно провести натурні дослідження ділянок вулиць і доріг, що з'єднують вузли транспортної мережі. Формування каркасу транспортної мережі в рамках генерального плану визначає ширину вулиць, доріг та провулків транспортної мережі. Вища за ієрархією вулиця транспортної мережі, відповідно, буде мати більшу ширину, вищу пропускну спроможність та швидкість вільного руху відповідно. Використання програмного середовища PTV Visum передбачає створення відповідних типів відрізків (табл. 1.2) для з'єднання вузлів транспортної

мережі, що робить транспортну мережу пов'язаною та дозволяє проводити моделювання транспортних потоків в ній.

Таблиця 1.2 – Типи відрізків для формування транспортної мережі в PTV Visum

№	Тип відрізка кількість смуг руху	Ранг вулиці дороги	Кількість смуг руху, од.	Пропускна спроможність, авт./год.	Швидкість руху, км./год.
1	Заг. Міськ 4 смуги	1	4	3200	70
2	Заг. Міськ 3 смуги	2	3	2400	60
3	Районна 2 смуги	3	2	1600	50
4	Районна 1 смуга	4	1	800	45
5	Районна 1 смуга	5	1	600	40

З'єднання вузлів транспортної мережі призводить до формування схеми транспортної мережі, що представлена на рис. 1.12.

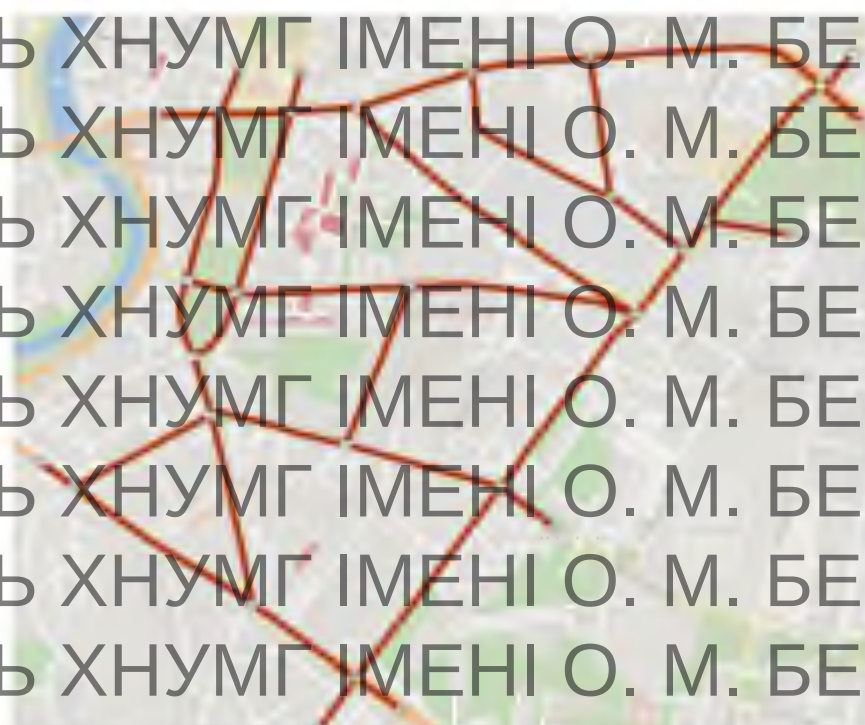


Рисунок 1.12 – Схема транспортної мережі

RTV Visum має прив'язку до координат вузлів і відповідно до масштабу карти автоматично визначає довжину відрізків транспортної мережі (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Характеристики дуг транспортної мережі
Основ'янського району м. Харкова

Дуга	Довжина, км.	Кількість смуг руху, од.	Пропускна спроможність, авт./год.
1	2	3	4
18-29	0,100	4	3200
29-18	0,100	4	3200
28-29	0,482	4	3200
29-28	0,482	4	3200
24-28	0,288	4	3200
28-24	0,288	4	3200
24-26	0,127	4	3200
26-24	0,127	4	3200
24-25	0,147	1	800
25-24	0,147	1	800
22-24	0,544	1	800
24-22	0,544	1	800
13-22	0,498	1	800
22-13	0,498	1	800
10-13	0,182	2	1600
13-10	0,182	2	1600
10-30	0,080	2	1600
30-10	0,080	2	1600
11-30	0,405	2	1600
30-11	0,405	2	1600

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
11-27	0,104	1	600
27-11	0,104	1	600
8-9	0,317	1	600
9-8	0,317	1	600
9-10	0,211	1	600
10-9	0,211	1	600
7-9	0,466	1	600
9-7	0,466	1	600
6-13	0,788	2	1600
13-6	0,788	2	1600
20-21	0,386	1	800
21-20	0,386	1	800
15-21	0,523	3	2400
21-15	0,394	3	2400
19-30	0,198	2	1600
11-12	0,131	3	2400
12-11	0,131	3	2400
8-11	0,550	3	2400
11-8	0,550	3	2400
7-8	0,272	2	1600
8-7	0,272	2	1600
6-7	0,270	2	1600
7-6	0,270	2	1600
3-6	0,151	2	1600
6-3	0,151	2	1600
2-3	0,159	2	1600

Продовження табл. 1.3

1	2	3	4
3-2	0,159	2	1600
1-2	0,144	2	1600
2-1	0,144	2	1600
3-5	0,097	2	1600
4-2	0,115	2	1600
3-15	0,430	2	1600
15-3	0,430	1	800
2-14	0,388	2	1600
16-15	0,178	1	800
14-16	0,181	3	2400
16-17	0,137	2	1600
17-16	0,137	2	1600
14-15	0,116	2	1600
15-14	0,116	2	1600
17-29	0,349	1	800
29-17	0,349	1	600
17-20	0,316	2	1600
20-17	0,316	2	1600
20-22	0,364	2	1600
22-20	0,364	2	1600
22-23	0,154	2	1600
23-22	0,154	2	1600
17-28	0,439	2	1600
28-17	0,439	1	800

Слід зауважити, що в транспортній мережі наявні ділянки з одностороннім рухом по м-н. Оборонний Вал, м-н. Героїв Південної Сторони, вул. Руставелі, тому в

табл. 1.3 дані ділянки представлені можливістю здійснювати рух, тільки в одному напрямку - напрямку одностороннього руху. В протилежному напрямку відповідні ділянки транспортної мережі не описуються.

1.2.3. Характеристика транспортних потоків

Характеристики транспортних потоків визначають кількісні показники руху транспортних засобів різних типів в транспортній мережі міста. Основною характеристикою транспортного потоку є інтенсивність руху. Додатково при зростанні інтенсивності дорожнього руху змінюється і швидкість пересування ділянками транспортної мережі. Для створення моделі транспортної мережі необхідні значення фактичної інтенсивності руху на ділянках мережі та швидкості вільного руху пересування ділянками транспортної мережі (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Інтенсивності та швидкості руху на ділянках транспортної мережі

Ділянка	Інтенсивність руху, авт./год.	Швидкість руху, км/год.
1	2	3
18-29	1548	70
29-18	1584	70
28-29	597	70
29-28	696	70
24-28	1015	70
28-24	983	70
24-26	1361	70
26-24	1778	70
24-25	843	45
25-24	780	45
22-24	673	45

Продовження табл. 1.4

1	2	3
24-22	850	45
13-22	734	45
22-13	973	45
10-13	1385	50
13-10	895	50
10-30	832	50
30-10	1420	50
11-30	1051	50
30-11	1041	50
11-27	120	40
27-11	194	40
8-9	30	40
9-8	16	40
9-10	50	40
10-9	66	40
7-9	11	40
9-7	20	40
6-13	78	50
13-6	154	50
20-21	77	45
21-20	176	45
13-21	470	60
21-15	349	60
19-30	632	50
11-12	1656	60
12-11	1630	60

Продовження табл. 1.4

1	2	3
8-11	509	60
11-8	524	60
7-8	480	50
8-7	541	50
6-7	524	50
7-6	541	50
3-6	690	50
6-3	745	50
2-3	593	50
3-2	964	50
1-2	950	50
2-1	921	50
3-5	622	50
4-2	342	50
15-3	938	45
2-14	742	50
16-15	891	45
14-16	1029	60
16-17	1078	50
17-16	969	50
14-15	6	50
15-14	309	50
17-29	929	45
29-17	765	40
17-20	433	50

Продовження табл. 1.4

1	2	3
20-17	459	50
20-22	412	50
22-20	283	50
22-23	663	50
23-22	774	50
17-28	366	50
28-17	505	45

1.3 Висновки по розділу

В результаті виконання першого розділу кваліфікаційної роботи магістра були визначені проблеми функціонування транспортних систем сучасних міст та шляхів їх вирішення. Серед основних проблем зазначені загори в транспортній мережі, дефіцит пакувальних місць, забруднення повітря викидами, високий рівень аварійності, відсутність безбар'єрного середовища, несистемне містобудування, що поглиблює існуючі проблеми та приводить до зниження сталості транспортних систем міст.

Створено транспортну мережу, що включає тридцять транспортних вузлів та сімдесят ділянок, що поєднують ці вузли. Найбільшими ємностями характеризуються вузли, розташовані по пр. Аерокосмічному та пр. Героїв Харкова. Максимально довжина ділянки транспортної мережі складає 0,788 км., мінімальна 0,080 км. Фактична інтенсивність руху с. максимальною на ділянці 26-24 – 1942 авт./год.

Вирішені в першому розділі кваліфікаційної роботи завдання дозволяють провести моделювання транспортних потоків в транспортній мережі міста.

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ В ТРАНСПОРТНІЙ
МЕРЕЖІ МІСТА

Моделювання транспортних потоків в транспортній мережі міста відбувається з використанням функцій розподілу кореспонденцій, вбудованих в програмне забезпечення.

2.1. Моделювання процесу функціонування транспортної мережі

У процесі формування схеми транспортної мережі в програмному середовищі PTV Visum (рис. 1.12) здійснюється формалізація основних параметрів елементів мережі, зокрема її ділянок (рис. 2.1). Для кожної ділянки автоматично визначаються характеристики сегментів поїзиту, які беруть участь у подальших розрахунках транспортних потоків. Сегменти поїзиту відображають різні типи мобільності в межах транспортної системи та формуються відповідно до цілей моделювання. Зокрема, можуть бути змодельовані пішохідні переміщення, велосипедний рух, перевезення громадським транспортом, а також рух індивідуального автомобільного транспорту.

Зазначені сегменти можуть функціонувати як у комплексі, так і окремо, залежно від поставлених дослідницьких завдань. У межах даного дослідження основна увага приділяється моделюванню транспортних потоків, сформованих індивідуальними транспортними засобами, що дозволяє більш детально проаналізувати характеристики завантаження дорожньої мережі.

У ієрархії типів ділянок транспортної мережі окремо задається параметр *CCR*-функції, яка визначає залежність узагальнених витрат часу руху залежно від рівня завантаження мережі. У даному дослідженні в якості *CCR*-функції використовується функція типу *BPB*, що є класичною функцією

розподілу транспортних потоків в мережі. Вона описує залежність часу руху транспортного потоку від рівня завантаженості відповідної ділянки мережі.

Route ID	From	From Lane	To	To Lane	Length	Max Lane	Capacity
1	1	10	29	1	0.129km	4	3200
2	1	20	30	1	0.109km	4	3200
3	1	30	31	1	0.460km	4	3200
4	2	20	28	1	0.482km	4	3200
5	3	30	31	1	0.289km	4	3200
6	3	30	31	1	0.289km	4	3200
7	4	24	25	1	0.123km	4	3200
8	5	24	25	4	0.443km	4	3200
9	5	25	34	4	0.143km	1	800
10	6	34	35	4	0.144km	1	800
11	6	34	35	4	0.144km	1	800
12	7	19	32	4	0.439km	1	800
13	8	20	33	4	0.459km	1	800
14	8	20	33	4	0.459km	1	800
15	8	19	10	3	0.183km	2	1600
16	9	30	31	3	0.029km	2	1600
17	9	31	10	3	0.089km	2	1600
18	10	11	30	3	0.409km	2	1600
19	10	11	31	5	0.194km	1	800
20	10	11	31	5	0.194km	1	800
21	11	27	11	3	0.109km	1	800
22	12	18	19	5	0.317km	1	800
23	12	18	19	5	0.317km	1	800
24	13	9	10	5	0.213km	1	800
25	14	10	19	5	0.213km	1	800
26	14	7	19	5	0.469km	1	800
27	14	9	7	3	0.489km	1	800
28	15	19	10	3	0.199km	2	1600
29	15	19	10	3	0.199km	2	1600
30	16	20	21	4	0.199km	1	800
31	16	21	11	4	0.199km	1	800
32	17	13	21	2	0.223km	1	800
33	17	13	21	2	0.223km	1	800
34	18	21	13	2	0.123km	3	2400
35	18	21	13	2	0.194km	1	800
36	19	21	19	7	0.194km	1	800
37	20	19	30	3	0.199km	2	1600
38	21	30	11	3	0.199km	2	1600
39	21	31	12	2	0.133km	1	800
40	22	12	11	2	0.129km	3	2400
41	22	11	12	2	0.109km	1	800
42	23	11	12	2	0.109km	1	800
43	24	7	8	3	0.278km	2	1600
44	24	8	7	3	0.278km	2	1600

Рисунок 2.1 – Ділянки транспортної мережі

Функція *BPR* широко застосовується для оцінки часових характеристик руху на окремих дугах транспортної мережі та дозволяє враховувати вплив завантаженості на час пересування. У загальному вигляді ця залежність описується наступним співвідношенням:

$$t' = t_0 \sqrt{1 + \alpha \left(\frac{N}{P} \right)^{\beta}}, \quad (2.1)$$

де t' – час руху по ділянці транспортної мережі залежно від параметрів завантаження, год.;

t_0 – час руху по ділянці транспортної мережі при швидкості вільного руху, год.;

N – інтенсивність руху транспортного потоку на ділянці транспортної мережі в результаті розподілу кореспонденцій, авт./год.;

P – максимальна інтенсивність, що забезпечується геометричними параметрами ділянки транспортної мережі, авт./год.;

α, β – калібрувальні коефіцієнти функції BPR.

Калібрувальні коефіцієнти функції BPR (α, β) визначаємо окремо для кожного типу ділянки транспортної мережі. Фізичний сенс цього явища полягає в тому, що збільшення інтенсивності і зміна, відповідно часу руху, на кожному з типів ділянок відбувається неоднаково. Цей процес можна представити у в розрахунковій табл. 2.1 та візуалізувати у вигляді рис. 2.2.

Таблиця 2.1 – Дані фактичного часу руху для різних типів вулиць і доріг

Коефіцієнт завантаження	Час фактичного руху для різних типів вулиць і доріг				
	4 смуги (b=2,0)	3 смуги (b=1,8)	2 смуги (b=1,6)	1 смуга (b=1,4)	1 смуга (b=1,2)
0,0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,1	1,21	1,19	1,16	1,14	1,12
0,2	1,44	1,39	1,34	1,29	1,24
0,3	1,69	1,60	1,52	1,44	1,37
0,4	1,96	1,83	1,71	1,60	1,50
0,5	2,25	2,07	1,91	1,76	1,63
0,6	2,56	2,33	2,12	1,93	1,76
0,7	2,89	2,60	2,34	2,10	1,89
0,8	3,24	2,88	2,56	2,28	2,02
0,9	3,61	3,18	2,79	2,46	2,16
1,0	4,00	3,48	3,03	2,64	2,30



Рисунок 2.2 – Графік залежності часу фактичного руху для різних типів вулиць і доріг від коефіцієнта завантаження

Відповідно до даних табл. 2.1 та рис. 2.2 формалізація функції BPR (2.1) для різних типів вулиць і доріг означеної транспортної мережі виглядає наступним чином:

- чотири смуги руху ($P=3200$ авт./год.):

$$t' = t_0 \cdot \left(1 + \left(\frac{N}{P}\right)^h\right), \quad (2.2)$$

- три смуги руху ($P=2400$ авт./год.):

$$t' = t_0 \cdot \left(1 + \left(\frac{N}{P}\right)^h\right), \quad (2.3)$$

- дві смуги руху ($P=1600$ авт./год.):

$$t' = t_0 \cdot \left(1 + \left(\frac{N}{P}\right)^h\right), \quad (2.4)$$

- одна смуга руху ($P=800$ авт./год.):

$$L' = L_0 \cdot \left(1 + \left(\frac{N}{P}\right)^{1,2}\right), \quad (2.5)$$

— одна смуга руху ($P=600$ авт./год).

$$L' = L_0 \cdot \left(1 + \left(\frac{N}{P}\right)^{1,2}\right), \quad (2.6)$$

Для розподілу кореспонденцій транспортних засобів у межах транспортної мережі необхідно обрати або розробити відповідний метод розподілу, що адекватно відображає просторову взаємодію між транспортними районами. У даному дослідженні запропоновано використання гравітаційного методу, який ґрунтується на врахуванні обсягів відправлення та прибуття у транспортних районах, а також функції просторової взаємодії (функції розподілу кореспонденцій).

Функція розподілу кореспонденцій характеризує складність сполучення між парою транспортних районів. У теорії транспортних процесів вона, як правило, визначається як функція від відстані, вартості або часу переміщення. У межах даного дослідження, в якості показника складності сполучення використовується відстань між транспортними районами. Програмне середовище RTV-Visum на основі сформованої моделі транспортної мережі дозволяє обчислювати матриці витрат за різними показниками, зокрема за часом руху, відстанню та швидкістю.

Одна з таких матриць використовується як основа для визначення функції складності сполучення. Матриця відстаней між транспортними районами наведена в табл. А.1 додатка, тоді як відповідна матриця складності сполучення, сформована на її основі, представлена в табл. А.2. При цьому складність сполучення визначається як величина, обернена до відстані, що відображає зростання «складності сполучення» зі збільшенням довжини поїздки.

Формування матриці кореспонденцій супроводжується необхідністю забезпечення її збалансованості за обсягами відправлення та прибуття. Проблема полягає в тому, що представлена функція складності не завжди забезпечує

відповідність розрахункових обсягів прибуття фактичним значенням, заданим у вихідних даних (табл. 1.1). Для усунення цієї невідповідності застосовується ітераційна процедура балансування матриці кореспонденцій.

З метою спрощення обчислень у процесі балансування використовується проміжна матриця X_i , яка відображає відносні значення взаємодії між районами. На першій ітерації формується матриця X_1 (табл. A.3), на основі якої обчислюється матриця кореспонденцій H_1 (табл. A.4). Після цього здійснюється оцінка відхилень розрахункових обсягів прибуття від заданих значень. Оцінювання виконується у відсотковому вираженні, причому допустимим вважається відхилення в межах $\pm 10\%$ для кожного району.

У разі перевищення допустимого рівня похибки процедура балансування повторюється. Перехід до наступної ітерації здійснюється шляхом визначення коригувальних коефіцієнтів для обсягів прибуття з подальшим їх врахуванням у розрахунках. Для розглянутого випадку була необхідна друга ітерація, у результаті якої сформовано проміжну матрицю X_2 та уточнену матрицю кореспонденцій H_2 (табл. A.5 та A.6 відповідно). Отримана матриця H_2 відповідає сумарним обсягам руху в транспортній мережі 10485 авт/год і вважається відбалансованою.

Для подальшого розподілу транспортних потоків у мережі, в середовищі RTV-Visum, створюється матриця відповідного розміру, до якої імпортується отримана матриця кореспонденцій. Зона визначається, як вихідна матриця для відповідного сегмента попиту, після чого налаштовується процедура розподілу.

Процедура розподілу полягає у виборі алгоритму призначення потоків на елементи транспортної мережі. У даному дослідженні використовується алгоритм послідовного розподілу кореспонденцій, який передбачає поетапне завантаження мережі транспортними потоками з урахуванням змін характеристик руху на її ділянках (рис. 2.3).

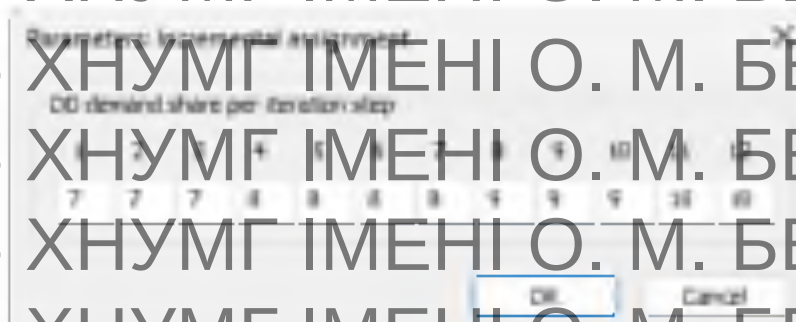


Рисунок 2.3 – Налаштування процедури послідовного розподілу кореспонденцій

Отримуємо наступну картограму інтенсивності транспортних потоків в транспортній мережі для обсягів руху 10485 авт./год. (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Картограма інтенсивності транспортних потоків в транспортній мережі для обсягів руху 10485 авт./год.

Інтенсивності руху в транспортній мережі, що були отримані в результаті моделювання повинні відповідати тим, що були визначені в результаті натурних спостережень за інтенсивністю транспортних потоків. На основних магістралях транспортної мережі допускається відхилення змодельованих інтенсивностей від фактичних на величину $\pm 10\%$.

Відхилення змодельованих інтенсивностей від фактичних оцінюється наступним виразом:

$$\delta_{\text{відх}} = \frac{N_{\text{факт}} - N_{\text{мод}}}{N_{\text{факт}}} \cdot 100, \% \quad (2.7)$$

де $N_{\text{факт}}$ – фактична інтенсивність руху в транспортній мережі, авт./год.

$N_{\text{мод}}$ – змодельована інтенсивність руху в транспортній мережі, авт./год.

Визначимо за (2.7) для дуги 29-18:

$$\delta_{\text{відх}} = \frac{1692 - 1584}{1692} \cdot 100\% = 6,37\%$$

Відхилення інтенсивностей для інших дуг мережі визначаємо аналогічним чином. Результати представлені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Оцінка адекватності отриманого розподілу інтенсивності

Дуга	Інтенсивність руху:		Відхилення $\delta_{\text{відх}}, \%$
	фактична, $N_{\text{факт}}$, авт./год.	змодельована, $N_{\text{мод}}$, авт./год.	
1	2	3	4
18-29	1580	1548	2,03
29-18	1692	1584	6,37
28-29	654	597	8,69

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4
29-28	711	696	2,11
24-28	1082	1015	6,22
28-24	1077	983	8,69
24-26	1465	1361	7,08
26-24	1912	1778	7,01
24-25	884	843	4,64
25-24	808	780	3,47
22-24	695	673	3,22
24-22	933	850	8,93
13-22	797	734	7,87
22-13	995	973	2,19
10-13	1454	1385	4,71
13-10	961	895	6,82
10-30	888	832	6,36
30-10	1455	1420	2,44
11-30	1101	1051	4,53
30-11	1091	1041	4,55
11-27	123	120	2,60
27-11	213	194	8,87
8-9	32	30	6,62
9-8	18	16	9,63
9-10	53	50	5,02
10-9	69	66	4,50
7-9	12	11	4,62
9-7	21	20	3,71
6-13	83	78	5,86

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4
13-6	163	154	5,68
20-21	82	77	5,97
21-20	189	176	6,67
13-21	510	470	7,89
21-15	329	349	6,04
19-30	576	632	9,74
11-12	1512	1656	9,50
12-11	1582	1630	3,03
8-10	469	509	8,43
11-8	503	524	4,27
7-8	462	480	3,91
8-7	527	541	2,60
6-7	503	524	4,20
7-6	503	541	7,50
3-6	640	690	7,87
6-3	725	743	2,74
2-3	549	593	8,03
3-2	925	964	4,18
1-2	902	950	5,34
2-1	857	921	7,43
3-5	571	622	8,97
4-2	322	342	6,15
15-3	882	938	6,30
2-14	719	742	3,25
16-15	868	891	2,66
14-16	990	1029	3,93

Продовження табл. 2.2

1	2	3	4
16-17	1052	1078	2,45
17-16	887	969	9,20
14-15	6	6	6,20
15-14	290	309	6,48
17-19	854	929	8,75
19-17	722	765	6,01
17-20	422	433	2,60
20-17	427	459	7,50
20-22	389	412	5,98
22-20	271	283	4,40
22-23	621	663	6,70
23-22	735	774	5,32
17-28	359	366	1,99
28-17	483	505	4,62
В середньому по мережі, %			5,65

Представлені значення відхилень змодельованих інтенсивностей від фактичних на дугах транспортної мережі не перевищують припустимих зазначених значень. Їх середньому по мережі складають 5,65%, що дозволяє використовувати створену модель транспортної мережі для визначення інших оцінних показників.

2.2. Визначення якісних показників руху транспортних потоків в транспортній мережі

Якісні показники руху транспортних потоків, оцінюють наскільки змінилася сталонні умови руху, - рух зі швидкістю вільного руху, залежно від завантаження транспортної мережі. Обсяги руху, якими завантажена транспортна

мережа складають 10485 авт./год, тобто передбачається, що завантаження транспортними потоками дуг мережі змінило швидкості руху в мережі $k_{i,j}$ (2.8), та коефіцієнти завантаження $k_{i,j}$ (2.9), на основі значень яких, визначаються рівні

обслуговування в міській транспортній мережі:

$$k_{i,j} = \frac{V_{pi,j} - V_{fi,j}}{V_{fi,j}}, \quad (2.8)$$

$$k_{i,j} = \frac{N_{i,j}}{P_{i,j}}. \quad (2.9)$$

Визначимо за (2.8, 2.9) для дуги 29-18:

$$k_{29,18} = \frac{70 - 56}{70} = 0,197,$$

$$k_{29,18} = \frac{1584}{3200} = 0,50.$$

Визначення якісних показників руху транспортних потоків в транспортній мережі для інших дуг мережі визначаємо аналогічним чином. Результати представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Визначення якісних показників руху транспортних потоків в транспортній мережі

Дуга	Інтенсивність руху, авт./год	Фактична швидкість руху, км/год	Коефіцієнт зміни швидкості	Коефіцієнт завантаження дороги рухом	Рівень обслуговування
1	2	3	4	5	6
18-29	1548	57	0,190	0,48	A
29-18	1584	56	0,197	0,50	A

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6
28-29	597	68	0,034	0,19	A
29-28	696	67	0,045	0,22	A
24-28	1015	64	0,091	0,32	A
28-24	983	64	0,086	0,31	A
24-26	1361	59	0,153	0,43	A
26-24	1778	53	0,236	0,56	A
24-25	843	22	0,518	1,05	F
25-24	780	23	0,491	0,98	F
22-24	673	25	0,440	0,84	D
24-22	850	22	0,521	1,06	F
13-22	734	24	0,470	0,92	E
22-13	973	19	0,568	1,22	F
10-13	1385	28	0,443	0,87	D
13-10	895	36	0,283	0,56	A
10-30	832	37	0,260	0,52	A
30-10	1420	27	0,452	0,89	D
11-30	1051	33	0,338	0,66	B
30-11	1041	33	0,335	0,65	B
11-27	120	55	0,126	0,20	A
27-11	194	32	0,205	0,32	A
8-9	30	39	0,027	0,05	A
9-8	16	39	0,013	0,03	A
9-10	50	38	0,049	0,08	A
10-9	66	37	0,066	0,11	A
7-9	11	40	0,009	0,02	A

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6
9-7	20	39	0,017	0,03	A
6-13	78	50	0,008	0,05	A
13-6	154	49	0,023	0,10	A
20-21	77	43	0,036	0,10	A
21-20	176	40	0,107	0,22	A
13-21	470	57	0,050	0,20	A
21-15	349	58	0,030	0,15	A
19-30	632	41	0,185	0,40	A
11-12	1656	40	0,339	0,69	B
12-11	1630	40	0,333	0,68	B
8-11	509	57	0,058	0,21	A
11-8	524	56	0,061	0,22	A
7-8	480	44	0,127	0,30	A
8-7	541	43	0,150	0,34	A
6-7	524	43	0,144	0,33	A
7-6	541	43	0,150	0,34	A
3-6	690	40	0,207	0,43	A
6-3	745	39	0,227	0,47	A
2-5	593	42	0,170	0,37	A
3-2	964	35	0,308	0,60	A
1-2	950	35	0,303	0,59	A
2-1	921	35	0,292	0,58	A
3-5	622	41	0,181	0,39	A
4-2	342	46	0,078	0,21	A
15-3	938	20	0,555	1,17	F

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6
2-14	742	39	0,226	0,46	A
16-16	891	21	0,538	1,11	F
14-16	1029	49	0,179	0,43	A
16-17	1078	33	0,347	0,67	B
17-16	969	35	0,309	0,61	B
14-16	6	50	0,000	0,00	A
15-14	309	47	0,067	0,19	A
17-29	929	20	0,552	1,16	F
29-17	765	17	0,573	1,28	F
17-20	433	45	0,110	0,27	A
20-17	459	44	0,119	0,29	A
20-22	412	45	0,102	0,26	A
22-20	283	47	0,059	0,18	A
22-23	663	40	0,196	0,41	A
23-22	774	38	0,238	0,48	A
17-28	366	46	0,086	0,23	A
28-17	505	29	0,345	0,63	B

Обсяги транспортних потоків у межах міської транспортної мережі мають динамічний характер і не є сталими величинами. Їх варіація зумовлюється впливом як закономірних, так і випадкових чинників. До закономірних факторів належать періодичні коливання, пов'язані з днями тижня, сезонністю та іншими часовими чинниками. Водночас значний вплив можуть мати випадкові події, зокрема дорожньо-транспортні пригоди, стихійні явища або інші форс-мажорні обставини, включаючи військові дії.

У сучасних умовах у місті Харкові, звілному, спостерігається тенденція до поступового зростання інтенсивності транспортних потоків. Це зумовлено низкою соціально-економічних факторів, серед яких варто відзначити збільшення чисельності внутрішньо переміщених осіб, повернення постійного населення до міста, а також недостатній рівень якості обслуговування пасажирів системою громадського транспорту, що стимулює використання індивідуальних транспортних засобів.

З метою аналізу впливу зростання попиту на функціонування транспортної мережі запропоновано здійснити моделювання чотирьох сценаріїв із підвищеними значеннями обсягів відправлення та прибуття в межах зазначеної транспортної мережі міста Харкова, а саме: 11368 авт./год, 12144 авт./год, 12745 авт./год та 13080 авт./год. Для кожного з наведених сценаріїв передбачається подальше визначення ключових показників функціонування транспортної мережі, зокрема рівня завантаження, швидкості руху та ефективності використання рівня транспортної інфраструктури.

Збільшення обсягів попиту на рух транспортних потоків потребує формування відповідних матриць кореспонденцій, які відображають розподіл транспортних потоків між районами. Сформовані матриці кореспонденцій для кожного із зазначених сценаріїв наведені у табл. А.7–А.10 додатка до кваліфікаційної роботи. Результати їх розподілу в транспортній мережі представлені у вигляді елор інтенсивності руху, що ілюструють просторовий розподіл транспортних потоків у межах транспортної мережі (рис. 2.5, 2.6).

2.3. Висновки по розділу

В результаті виконання другого розділу кваліфікаційної роботи магістра проведено моделювання транспортних потоків в транспортній мережі міста. Моделювання виконано з урахуванням особливостей розподілу транспортних потоків по ділянках транспортної мережі різної ієрархії. Для цього для кожного

типу ділянок, залежно від кількості смуг на них та пропускної спроможності, визначений вид функції, що визначає фактичні витрати часу на проїзд залежно від значення коефіцієнта завантаження.

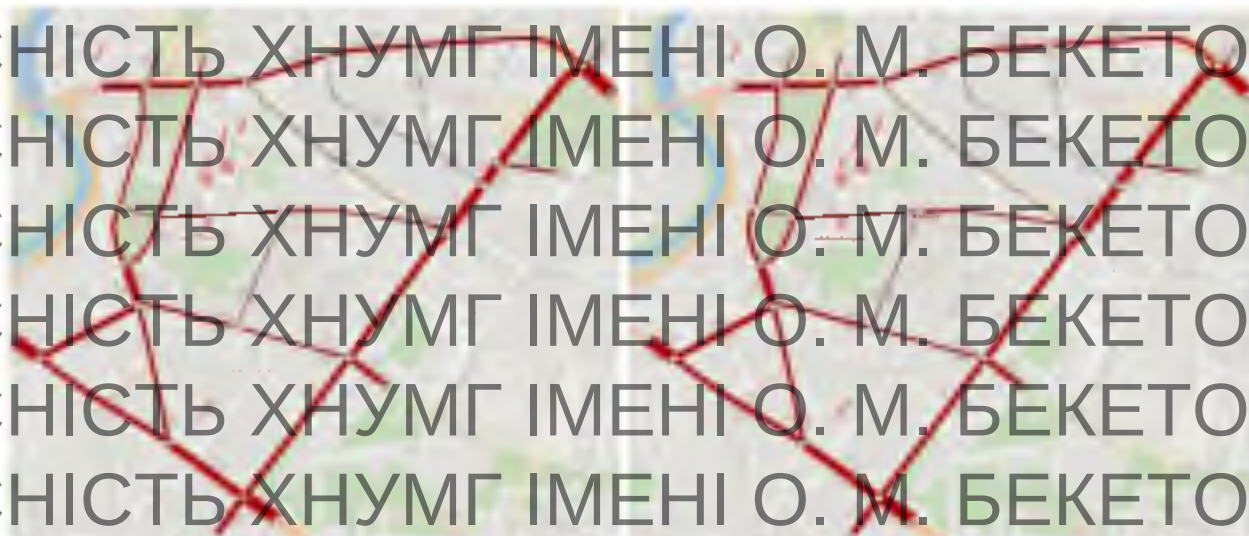


Рисунок 2.5 – Картограма інтенсивності транспортних потоків в транспортній мережі для обсягів руху 11368 авт./год та 12144 авт./год.

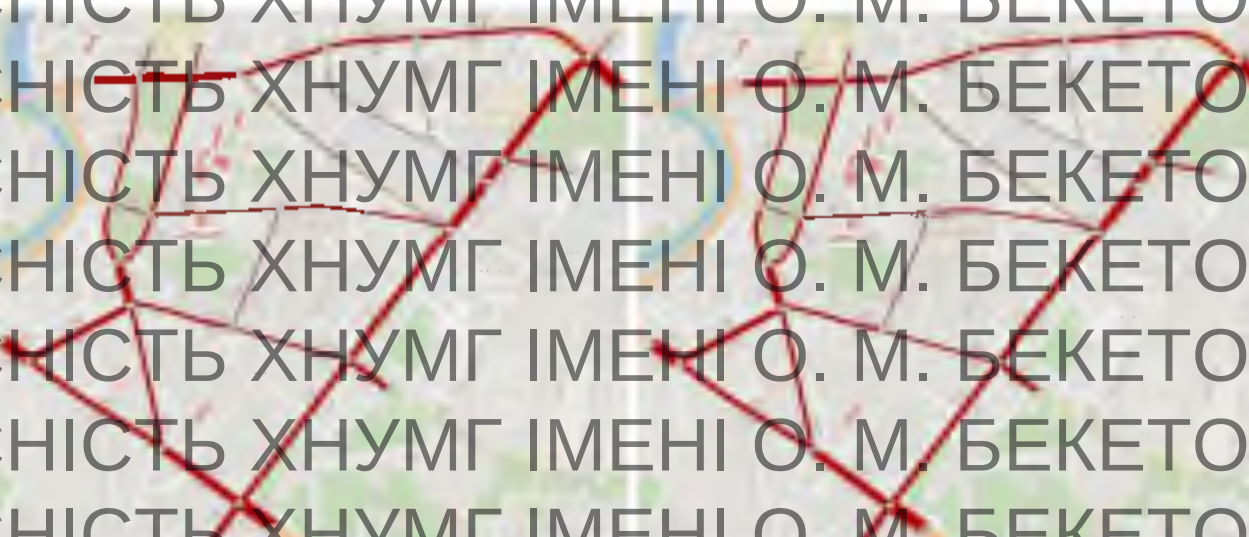


Рисунок 2.6 – Картограма інтенсивності транспортних потоків в транспортній мережі для обсягів руху 12745 авт./год та 13080 авт./год.

Оцінено адекватність отриманої моделі транспортної мережі. В середньому відхилення фактичних і змодельованих інтенсивностей в ній не перевищує 5,65%, що дозволяє використовувати створену модель транспортної мережі для визначення інших оцінних показників. Визначення якісних показників руху

транспортних потоків в транспортній мережі дозволило розрахувати значення коефіцієнтів зниження пavidкості руху та завантаження, а також визначити рівні обслуговування при виником обсягів руху. Представлені вартограмні інтенсивності транспортних потоків в мережі при зростанні обсягів руху.

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ФУНКЦІОНУВАННЯ
ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ

Визначення показників функціонування транспортної мережі в умовах міста має на меті розрахунок критеріїв ефективності функціонування мережі під впливом змінного навантаження. Зміна навантаження транспортної мережі зумовлюється змінними значеннями обсягів руху, зазначених в попередньому розділі роботи. Показники, що будуть характеризувати умови функціонування транспортної мережі завжди пов'язані з інтенсивністю руху, характеристиками ділянок транспортної мережі та швидкістю руху транспортних потоків. При визначенні економічних показників додатково враховуються вартісні складові поїздки на транспортних засобах. З урахуванням зазначеного будемо розрізняти в якості показників – транспортні витрати, пробіг в транспортній мережі та витрати часу:

$$V = \sum_{i=1}^n (K_i \cdot l_{i,j} + K_{\text{ст}} \cdot l_{\text{ст},i}) \cdot N_{i,j}, \quad (3.1)$$

$$L = \sum_{i=1}^n N_{i,j} \cdot l_{i,j}, \quad (3.2)$$

$$T = \sum_{i=1}^n N_{i,j} \cdot t_{i,j}, \quad (3.3)$$

де V_i – значення змінних витрат, $V_{\text{ст}}$ – 18 грн./км.,

K_i – значення сталих витрат, $K_{\text{ст}}$ – 54 грн./год.,

$l_{i,j}$ – довжина ділянки i,j транспортної мережі, км.,

$l_{\text{ст},i}$ – швидкість руху по ділянці i,j транспортної мережі, км./год.,

N_{ij} – інтенсивність руху на вузлі i -ї транспортної мережі, авт./год.

Розраховані значення показників за (3.1 – 3.3) представляємо в додатку Б до роботи (табл. В.1 – В.3). З урахуванням підсумкових значень показників (3.1 – 3.3)

з цих таблиць представляємо їх в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення показників функціонування транспортної мережі

Обсяги руху, авт./год.	Транспортні витрати V , грн.	Пробіг в транспортній мережі L , авт.·км.	Витрати часу T , авт.·год.
10485	228018,27	11629,32	346,45
11368	249378,54	12690,50	388,65
12144	268283,43	13615,15	429,35
12745	282059,51	14274,56	464,30
13080	289882,65	14650,28	485,01

Значення показників функціонування транспортної мережі дозволяють за допомогою графічного методу представити тенденцію зміни кожного з показників, а з використанням методу регресійного аналізу та статистичної оцінки закономірності зміни показників оцінити представлені закономірності. Представляємо тенденцію зміни транспортних витрат залежно від обсягів руху на рис. 3.1.

З рис. 3.1 видно, що тенденція зміни транспортних витрат залежно від обсягів руху описується поліноміальною залежністю другого порядку. Отримане в статистичному пакеті Statgraphics рівняння представлено в додатку Б до роботи (табл. В.1) має наступний вигляд:

$$V = -0,0003 \cdot q^2 + 31,83 \cdot q - 68577, \quad (3.4)$$

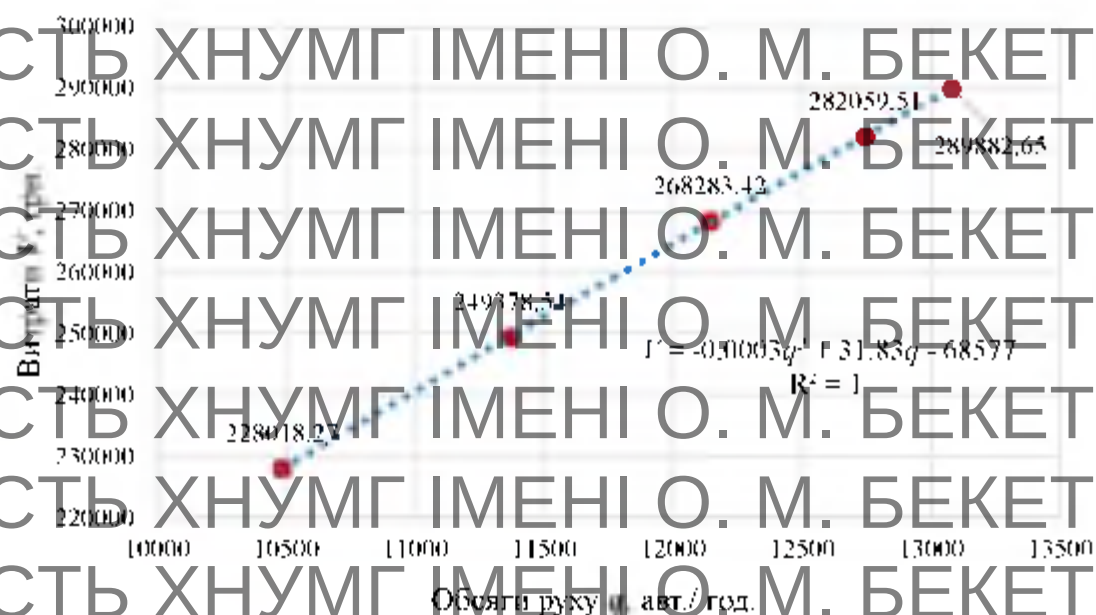


Рисунок 3.1. Тенденція зміни транспортних витрат залежно від обсягів руху

Статистична оцінка, окрім визначення коефіцієнта детермінації та кореляції, додатково дозволяє визначити середнє значення помилки апроксимації рівняння (рис. 3.1), що вказує на точність опису явища зміни транспортних витрат залежно від обсягів руху. Визначення середнього значення помилки апроксимації представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Визначення середнього значення помилки апроксимації рівняння зміни транспортних витрат залежно від обсягів руху

Обсяги руху, авт./год.	Транспортні витрати фактичні I , грн.	Транспортні витрати за моделлю I , грн.	Помилка апроксимації δ , %
10485	228018,27	232179,98	1,83
11368	249378,54	254497,01	2,05
12144	268283,42	273723,50	2,03
12745	282059,51	288365,84	2,24
13080	289882,65	296433,48	2,26
Середня помилка апроксимації, %			2,08

11 представляємо тенденцію зміни пробігу в транспортній мережі залежно від обсягів руху на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Тенденція зміни пробігу в транспортній мережі залежно від обсягів руху

З рис. 3.2 видно, що тенденція зміни пробігу в транспортній мережі залежно від обсягів руху описується поліноміальною залежністю другого порядку. Ця залежність має функціональний зв'язок між обсягами руху та пробігом в транспортній мережі, з урахуванням того, що коефіцієнт детермінації, відповідно з коефіцієнтом кореляції, мають значення, що дорівнюють одиниці. Отримане в статистичному пакеті Statgraphics рівняння представлено в додатку В до роботи (табл. В.2) має наступний вигляд:

$$L = -0,00003 \cdot q^2 + 1,8442 \cdot q - 4539; \quad (3.5)$$

Статистична оцінка, окрім визначення коефіцієнта детермінації та кореляції, додатково дозволяє визначити середнє значення помилки апроксимації рівняння (рис. 3.2), що вказує на точність опису явища зміни пробігу в транспортній мережі

залежно від обсягів руху. Визначення середнього значення помилки апроксимації представлено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Визначення середнього значення помилки апроксимації рівняння зміни пробігу в транспортній мережі залежно від обсягів руху

Обсяги руху, авт./год.	Пробіг в транспортній мережі фактичний L , авт.·км.	Пробіг в транспортній мережі за моделлю L , авт.·км.	Помилка апроксимації δ , %
10485	11619,32	11499,38	1,12
11368	12690,50	12548,92	1,12
12144	13613,15	13432,66	1,34
10745	14274,56	14092,28	1,28
12080	14650,28	14450,54	1,36
Середня помилка апроксимації, %			1,24

Представляємо тенденцію зміни витрат часу залежно від обсягів руху на рис. 3.3.

З рис. 3.3 видно, що тенденція зміни витрат часу залежно від обсягів руху описується поліноміальною залежністю другого порядку. Ця залежність має функціональний зв'язок між обсягами руху та витратами часу, з урахуванням того, що коефіцієнт детермінації, відповідно з коефіцієнтом кореляції, мають значення, що дорівнюють одиниці. Отримане в статистичному пакеті Statgraphics рівняння представлено в додатку В до роботи (табл. В.3) має наступний вигляд:

$$T = -0,0000034 \cdot q^2 - 0,0285 \cdot q + 264,1. \quad (3.6)$$

Статистична оцінка, окрім визначення коефіцієнта детермінації та кореляції, додатково дозволяє визначити середнє значення помилки апроксимації рівняння (рис. 3.3), що вказує на точність опису явища зміни пробігу в транспортній мережі залежно від обсягів руху. Визначення середнього значення помилки апроксимації представлено в табл. 3.4.

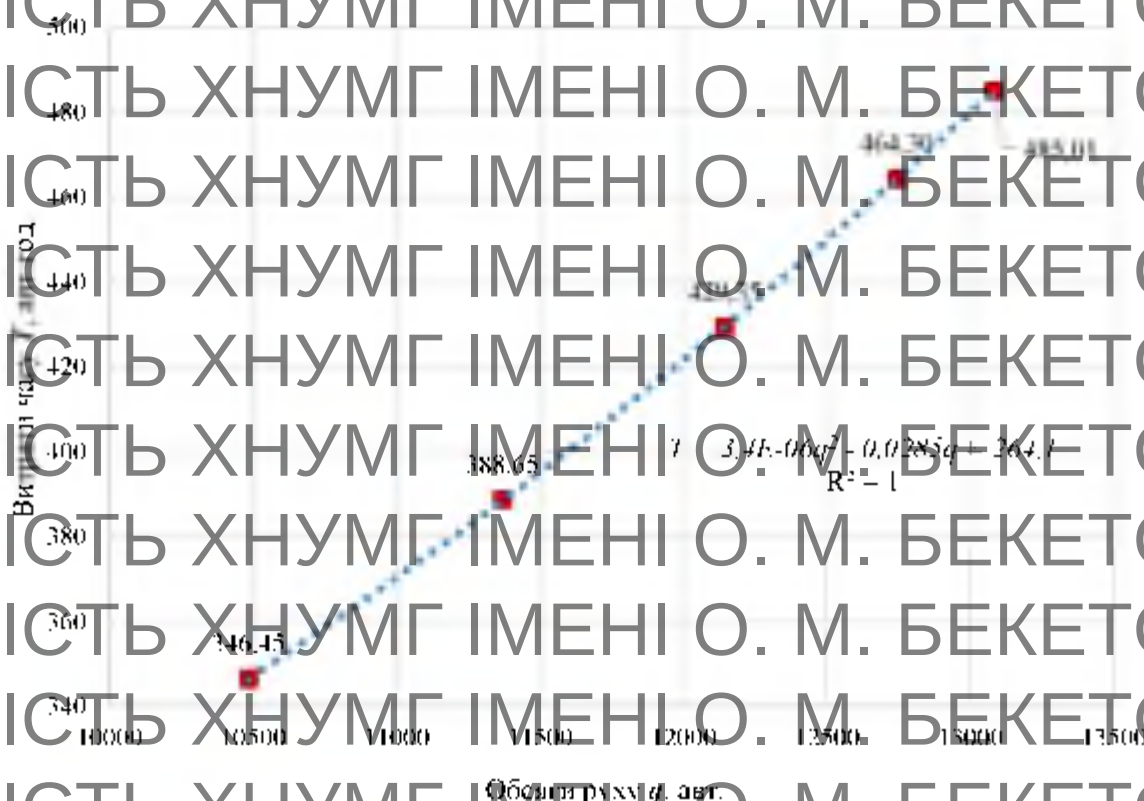


Рисунок 3.3 – Тенденція зміни витрат часу залежно від обсягів руху

Таблиця 3.4 – Визначення середнього значення помилки апроксимації рівняння зміни пробігу в транспортній мережі залежно від обсягів руху

Обсяги руху, авт./год.	Витрати часу фактичні t , авт.-км.	Витрати часу за моделью $\hat{t}$, авт.- км.	Помилка апроксимації δ , %
1	2	3	4
10485	346,45	339,06	2,13
11368	388,65	379,5	2,35
12144	429,35	419,42	2,31

1	2	3	4
12745	464,30	453,15	2,40
13080	485,01	473,01	2,47
Середня помилка апроксимації, %			2,33

ВИСНОВКИ

В результаті виконання першого розділу кваліфікаційної роботи магістра були визнані проблеми функціонування транспортних систем сучасних міст та шляхів їх вирішення. Серед основних проблем зазначені затори в транспортній мережі, дефіцит паркувальних місць, забруднення повітря викидами, високий рівень аварійності, відсутність безбар'єрного середовища, несистемне містобудування, що поглиблює існуючі проблеми та приводить до зниження сталості транспортних систем міст.

Створено транспортну мережу, що включає тридцять транспортних вузлів та сімдесят ділянок, що поєднують ці вузли. Найбільшими ємностями характеризуються вузли, розташовані по пр. Аерокосмічному та пр. Героїв Харкова. Максимально довжина ділянки транспортної мережі складає 0,788 км., мінімальна 0,080 км. Фактична інтенсивність руху є максимальною на ділянці 26-24 – 1912 авт./год.

В результаті виконання другого розділу кваліфікаційної роботи магістра проведене моделювання транспортних потоків в транспортній мережі міста. Моделювання виконане з урахуванням особливостей розподілу транспортних потоків по ділянкам транспортної мережі різної ієрархії. Для цього для кожного типу ділянок, залежно від кількості смуг на них та пропускної спроможності, визначений вид функції, що визначає фактичні витрати часу на проїзд залежно від значення коефіцієнта завантаження. Оцінено адекватність отриманої моделі транспортної мережі. В середньому відхилення фактичних і змодельованих інтенсивностей в ній не перевищує 5,66%, що дозволяє використовувати створену модель транспортної мережі для визначення інших оцінних показників.

Визначення якісних показників руху транспортних потоків в транспортній мережі дозволило розрахувати значення коефіцієнтів зниження швидкості руху та завантаження, а також визначити рівні обслуговування під впливом обсягів руху. Представлені картограми інтенсивності транспортних потоків в мережі при зростанні обсягів руху.

В результаті виконання третього розділу кваліфікаційної роботи магістра визначені показники функціонування транспортної мережі в умовах міста. Були визначені значення транспортних витрат, пробігу в транспортній мережі та витрат часу. Значення показників функціонування транспортної мережі дозволяють за допомогою графічного методу представити тенденцію зміни кожного з показників, а з використанням методу регресійного аналізу та статистичної оцінки закономірності зміни показників оцінити представлені закономірності. Рівняння зміни транспортних витрат, пробігу в транспортній мережі та витрат часу описуються поліноміальними залежностями другого порядку. Ці залежності мають функціональний зв'язок між обсягами руху та відповідними показниками функціонування транспортної мережі, з урахуванням того, що для них коефіцієнт детермінації, відповідно з коефіцієнтом кореляції, мають значення, що дорівнюють одиниці. Середні помилки апроксимації отриманих моделей зміни транспортних витрат, пробігу в транспортній мережі та витрат часу склали відповідно 2,08%, 1,24%, 2,33%.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. United Nations. (2022). *World Urbanization Prospects*.
2. Gallo, M., & Marinelli, M. (2020). Sustainable mobility: A review of possible actions and policies. *Sustainability*, 12(18), 7499.
3. Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80.
4. Kerner, B. S. (2009). *Introduction to modern traffic flow theory and control: the long road to three-phase traffic theory*. Springer Science & Business Media. Springer.
5. Nitman, T. (2024). *Comprehensive transportation emission reduction planning*. Victoria Transport Policy Institute.
6. Acemoglu, D., Makhdoumi, A., Malekian, A., & Ozdaglar, A. (2018). Informational Braess' paradox: The effect of information on traffic congestion. *Operations Research*, 66(4), 893–917.
7. Cervero, R. (2013). Transport infrastructure and the environment. *Annual Review of Environment and Resources*, 38, 1–26.
8. World Health Organization. (2023). *Global status report on road safety*.
9. Shoup, D. (2005). *The High Cost of Free Parking*. APA Planners Press.
10. Newman, P., Kenworthy, J. (2015). *The End of Automobile Dependence*. Island Press.
11. Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140.
12. Wegener, M. (2014). Land-use transport interaction models. *Handbook of Regional Science*.
13. Vuchic, V. R. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*. Wiley.
14. Hamadeh, N., Karoui, A., Farhat, Z., Chalhoub, J. (2021). Intelligent transportation systems to mitigate congestion.

15. Pitsiava-Latinopoulou, M. (2026). The impact of demand management on public transport use in relation to socio-economic characteristics. *WIT Transactions on The Built Environment*, 260.
16. Bisegna, F., Vespasiano, F., Pompei, L., Burattini, C., Belli, E., Bellucci, A. M., Blaso, L. (2026). Towards the Decarbonization of Urban Communities: Evaluation of Smart and Green Strategies to Reduce Gas Carbon Emissions. *Smart Cities*, 9(2), 26.
17. Anthopoulos, L. G. (2026). The rise of the smart city. In *Understanding smart cities: A tool for smart government or an industrial trick?* (pp. 5-55). Cham: Springer Nature Switzerland.
18. Gehl, J. (2010). *Cities for People*. Island Press.
19. Elmarakby, H. (2026). Shifting from planning-centric to community-centric transit-oriented development: Changing travel behaviour. *Land Use Policy*, 168, 108082.
20. Rodrigue, J.-P. (2020). *The Geography of Transport Systems*. Routledge.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1- Відстані між транспортними районами

-	1	2	3	ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА																											
1	0,00	0,14	0,20	0,00	0,46	0,08	0,32	1,90	1,19	1,12	1,82	1,08	1,21	0,82	0,08	0,71	0,88	1,7	0,00	1,77	1,88	1,82	1,08	1,88	1,72	1,70	1,08	1,29	1,20	1,80	
2	0,14	0,00	0,18	0,00	0,27	0,91	0,08	0,85	0,7	1,28	0,40	0,85	1,1	0,89	0,85	0,77	0,91	0,00	0,00	0,02	0,4	0,30	0,28	0,4	0,50	0,51	1,15	1,08	1,30	1,30	
3	0,20	0,18	0,00	0,00	0,23	0,03	0,07	0,80	0,80	1,0	0,32	0,82	0,8	0,53	0,00	0,73	0,8	0,31	0,00	0,18	1,20	1,4	1,80	1,50	1,5	1,52	1,33	1,30	1,71	1,30	
4	0,20	0,11	0,23	0,00	0,27	0,82	0,09	0,93	1,10	1,80	1,82	1,08	1,21	0,80	0,02	0,68	0,82	1,22	0,00	1,71	1,82	1,80	1,08	1,88	1,80	1,07	1,02	1,20	1,77	1,17	
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00	0,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	0,25	0,31	0,13	0,00	0,28	0,00	0,07	0,85	0,74	0,07	0,00	0,20	0,70	0,70	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	0,77	0,58	0,43	0,00	0,33	0,77	0,00	0,77	0,47	0,08	0,85	0,85	0,88	0,07	0,00	0,75	1,00	1,24	0,00	1,00	1,38	1,30	1,5	0,91	0,10	0,14	0,93	1,23	1,04	0,70	
8	1,00	0,85	0,60	0,00	0,70	0,30	0,00	0,00	0,30	0,35	0,30	0,68	0,71	1,24	1,30	0,80	0,80	2,00	0,00	1,02	1,35	1,20	1,40	1,38	1,00	0,65	2,00	1,91	0,91	0,91	
9	1,19	1,08	0,89	0,00	0,08	0,34	0,07	0,82	0,80	0,21	0,70	0,83	0,87	1,08	0,81	0,61	1,01	2,03	0,00	1,3	0,9	0,80	1,08	1,04	1,00	0,8	1,02	2,05	0,20	0,20	
10	1,12	1,28	1,12	0,00	1,23	0,07	0,00	0,87	0,70	0,00	0,00	0,00	0,18	1,04	1,00	0,70	1,03	1,00	0,00	1,06	1,20	0,00	1,5	1,03	1,07	0,35	0,50	1,57	1,88	0,98	
11	1,82	1,40	1,21	0,00	1,31	0,00	0,82	0,83	0,70	0,00	0,00	0,13	0,77	1,70	1,38	1,83	2,00	0,00	0,00	1,38	1,00	1,15	1,32	1,70	1,80	0,1	2,00	2,77	0,90	0,90	
12	1,08	1,08	1,07	0,00	1,47	0,22	0,08	0,08	0,83	0,02	0,7	0,00	0,80	1,07	0,00	1,01	2,12	2,00	0,00	1,01	1,52	1,50	1,48	1,84	1,00	1,07	0,23	2,15	2,80	0,84	
13	1,24	1,30	0,94	0,00	1,04	0,70	0,80	1,27	0,80	0,18	0,00	0,80	0,00	1,00	0,00	1,01	1,80	0,00	0,00	0,00	0,82	0,80	1,5	1,04	1,00	0,17	0,77	1,37	1,70	0,70	
14	0,83	0,70	0,55	0,00	0,60	0,00	0,07	1,20	1,18	0,67	1,20	1,00	1,10	0,00	0,10	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,80	0,70	0,07	1,75	1,75	
15	0,43	0,50	0,43	0,00	0,83	0,34	0,88	1,12	1,32	1,88	0,07	1,80	1,37	0,7	0,00	0,30	0,43	0,98	0,00	0,75	1,14	1,11	1,27	1,10	1,3	1,20	0,8	0,87	0,88	1,88	
16	0,97	0,77	0,61	0,00	0,70	0,70	0,00	1,30	1,30	1,30	0,80	0,80	1,37	0,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17	0,08	0,00	0,08	0,00	0,81	0,00	1,77	1,03	1,87	1,80	1,80	1,80	1,18	0,82	0,80	0,71	0,00	0,88	0,00	0,32	0,50	0,80	0,80	0,33	0,33	0,87	0,88	1,08	0,04	0,28	1,04
18	1,50	1,35	1,10	0,00	1,20	1,33	1,00	1,80	2,00	1,81	2,00	2,45	1,03	0,88	0,77	0,50	0,43	0,00	0,00	0,77	1,13	1,17	1,20	0,87	1,00	1,00	0,40	0,30	0,70	1,80	
19	1,70	1,20	1,00	0,00	1,20	1,20	0,00	0,80	0,70	0,00	0,00	0,33	1,10	1,20	1,38	1,07	1,81	2,20	0,00	1,37	0,98	0,80	1,10	1,80	1,88	0,43	0,71	1,30	2,70	0,20	
20	1,00	1,33	1,00	0,00	1,70	1,21	0,40	1,35	1,70	1,04	0,30	1,60	0,80	0,75	0,03	0,25	0,25	0,77	0,00	0,00	0,80	0,80	0,70	1,04	1,10	1,17	0,8	0,75	0,07	1,13	
21	1,15	0,98	0,82	0,00	0,00	0,07	0,00	0,82	1,00	1,43	2,00	1,20	1,25	0,91	0,80	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
22	1,03	1,08	1,03	0,00	1,80	1,30	0,80	1,20	0,80	0,00	0,00	1,30	0,80	1,21	1,00	0,82	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
23	0,80	0,74	1,58	0,00	1,08	1,04	1,31	1,30	1,15	0,83	1,30	1,45	0,85	1,77	1,15	0,07	0,83	1,78	0,00	0,50	0,90	0,15	1,00	0,70	0,40	0,83	1,25	0,80	1,18	0,80	
24	1,77	1,63	1,17	0,00	1,30	1,02	1,80	1,35	1,01	1,22	0,70	0,80	1,01	1,10	1,00	0,80	0,77	0,87	0,00	1,01	1,15	0,80	0,90	0,90	0,15	1,10	1,81	0,20	0,77	1,30	
25	0,02	1,08	1,02	0,00	1,02	0,70	2,04	1,01	1,08	1,77	1,00	1,80	1,10	1,21	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
26	0,00	0,70	1,00	0,00	1,30	1,75	1,07	1,88	1,50	1,35	1,84	1,87	1,17	1,20	1,13	0,00	0,85	1,00	0,00	1,17	1,50	0,67	0,30	0,13	0,70	0,00	1,04	0,47	0,80	1,43	
27	1,03	1,31	1,35	0,00	1,10	1,20	0,00	0,85	0,80	0,00	0,00	0,25	0,77	1,80	1,00	1,08	2,12	2,37	0,00	1,08	1,20	1,20	1,12	1,81	1,30	0,00	2,10	2,17	0,91	0,91	
28	1,00	1,34	1,18	0,00	1,28	1,04	0,00	1,88	1,72	1,31	2,00	2,18	1,33	0,90	0,75	0,88	0,44	0,88	0,00	0,75	1,14	0,87	0,90	0,20	0,40	0,40	0,20	0,20	0,20	0,20	
29	1,20	1,15	1,00	0,00	0,80	0,25	0,77	1,20	1,00	1,71	2,00	1,80	1,33	0,78	0,00	0,20	0,35	0,00	0,00	0,07	0,83	0,80	0,80	0,20	0,30	0,30	0,30	0,40	0,00	1,70	
30	1,20	1,30	1,20	0,00	0,80	0,00	0,00	1,30	1,20	0,08	0,00	0,20	0,20	1,20	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.2– Матриця складності сполучення

-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	0.00	0.95	0.31	0.00	2.50	2.20	1.38	1.00	0.81	0.70	0.65	0.60	0.81	1.88	1.51	1.10	1.18	0.77	0.00	0.86	0.64	0.65	0.59	0.63	0.58	0.59	0.61	0.78	0.83	0.66
2	0.95	0.00	0.31	0.00	1.91	3.24	1.72	1.17	0.98	0.78	0.71	0.65	0.91	2.57	1.98	1.70	1.42	0.87	0.00	0.98	0.71	0.72	0.65	0.70	0.63	0.64	0.66	0.87	0.95	0.73
3	0.31	0.31	0.00	0.00	0.91	1.62	2.37	1.14	1.13	0.89	0.80	0.73	1.06	1.83	1.71	1.35	1.18	0.76	0.00	0.85	0.68	0.70	0.63	0.63	0.58	0.58	0.74	0.77	0.82	0.83
4	0.00	0.00	0.00	0.00	2.71	2.36	1.14	1.01	0.86	0.72	0.66	0.61	0.83	1.99	1.62	1.17	1.22	0.79	0.00	0.88	0.66	0.67	0.60	0.65	0.59	0.60	0.62	0.79	0.86	0.68
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2.20	1.23	0.62	0.00	1.03	0.00	1.70	1.84	1.36	1.03	0.92	0.82	1.27	1.43	1.73	1.43	0.98	0.68	0.00	0.95	0.76	0.78	0.69	0.57	0.53	0.53	0.84	0.69	0.73	0.95
7	1.38	1.72	2.37	0.00	1.93	3.70	0.00	3.68	2.15	1.48	1.22	1.05	1.16	1.03	0.92	0.87	0.78	0.58	0.00	0.62	0.72	0.74	0.60	0.50	0.46	0.47	1.08	0.58	0.61	1.32
8	1.00	1.17	1.44	0.00	1.37	1.84	3.68	0.00	3.15	1.89	1.82	1.45	1.41	0.81	0.74	0.70	0.64	0.50	0.00	0.62	0.81	0.83	0.73	0.57	0.53	0.53	1.53	0.50	0.52	1.64
9	0.81	0.96	1.11	0.00	1.02	1.36	2.15	3.15	0.00	1.75	1.11	1.21	2.50	0.70	0.76	0.62	0.57	0.46	0.00	0.77	1.09	1.12	0.96	0.70	0.63	0.61	1.25	0.58	0.48	3.14
10	0.70	0.78	0.89	0.00	0.82	1.01	1.48	1.89	1.78	0.00	2.06	1.02	3.38	0.82	0.91	0.72	0.65	0.50	0.00	0.92	1.42	1.47	1.20	0.82	0.73	0.74	1.70	0.66	0.53	12.44
11	0.65	0.71	0.80	0.00	0.75	0.93	1.22	1.82	1.41	2.06	0.00	7.01	1.50	0.59	0.63	0.53	0.50	0.41	0.00	0.63	0.81	0.86	0.76	0.58	0.54	0.54	9.66	0.50	0.42	2.47
12	0.60	0.65	0.73	0.00	0.68	0.82	1.05	1.47	1.21	1.62	7.64	0.00	1.25	0.55	0.58	0.50	0.47	0.38	0.00	0.59	0.76	0.77	0.69	0.54	0.50	0.51	4.26	0.47	0.40	1.87
13	0.81	0.91	1.06	0.00	0.96	1.27	1.16	1.41	2.54	5.48	1.50	1.25	0.00	0.97	1.08	0.82	0.74	0.57	0.00	1.10	1.92	2.01	1.53	0.96	0.84	0.86	1.30	0.75	0.59	3.81
14	1.18	1.12	1.83	0.00	1.36	1.81	1.03	0.81	0.70	0.60	0.56	0.62	0.67	0.60	0.60	0.55	0.48	0.30	0.00	1.68	0.98	1.01	0.82	0.96	0.84	0.88	0.53	1.32	1.50	0.57
15	1.37	1.70	2.33	0.00	1.90	1.72	1.18	0.89	0.76	0.64	0.60	0.55	0.73	8.61	0.00	3.37	2.30	1.13	0.00	1.33	0.88	0.90	0.79	0.86	0.76	0.78	0.56	1.15	1.28	0.61
16	1.10	1.30	1.64	0.00	1.42	1.62	0.97	0.77	0.67	0.67	0.54	0.50	0.76	3.19	3.60	0.60	7.29	1.70	0.00	2.21	1.49	1.42	1.03	1.16	0.99	1.01	0.51	1.74	2.06	0.63
17	0.95	1.11	1.31	0.00	1.19	1.12	0.86	0.70	0.61	0.73	0.53	0.51	0.85	2.32	3.17	7.29	0.00	2.22	0.00	3.16	1.42	1.47	1.20	1.38	1.14	1.17	0.51	2.28	2.86	0.69
18	0.67	0.74	0.84	0.00	0.72	0.71	0.62	0.53	0.49	0.55	0.44	0.41	0.61	1.13	1.31	1.70	2.32	0.00	0.00	1.31	0.87	0.89	0.78	1.15	0.98	1.00	0.42	1.72	9.97	0.53
19	0.59	0.64	0.71	0.00	0.67	0.80	1.05	1.24	2.04	1.59	1.66	1.36	3.17	0.67	0.73	0.60	0.55	0.43	0.00	0.73	1.02	1.04	0.90	0.67	0.61	0.61	1.43	0.56	0.46	5.05
20	0.73	0.82	0.91	0.00	0.80	0.82	0.67	0.57	0.80	0.96	0.65	0.60	1.16	1.34	1.58	2.21	3.16	1.31	0.00	0.00	2.59	2.75	1.93	0.96	0.84	0.85	0.61	1.32	1.50	0.89
21	0.89	1.02	1.21	0.00	1.09	1.13	0.80	0.66	0.58	0.70	0.48	0.45	0.86	1.96	2.54	1.45	1.21	0.78	0.00	2.59	0.00	1.13	1.11	0.64	0.59	0.59	0.46	0.79	0.85	0.66
22	0.58	0.63	0.70	0.00	0.66	0.78	0.74	0.83	1.12	1.17	0.86	0.77	1.01	0.90	1.00	1.23	1.17	0.89	0.00	2.75	1.73	0.00	0.46	1.84	1.15	1.30	0.79	1.20	0.97	1.31
23	0.53	0.58	0.63	0.00	0.60	0.69	0.66	0.73	0.96	1.20	0.76	0.69	1.53	0.79	0.87	1.03	1.20	0.78	0.00	1.93	1.11	0.49	0.00	1.43	1.18	1.21	0.70	1.01	0.85	1.09
24	0.56	0.61	0.68	0.00	0.64	0.62	0.53	0.57	0.70	0.82	0.48	0.51	0.86	0.86	0.93	1.16	0.88	1.15	0.00	0.96	0.70	1.33	1.13	0.00	0.29	0.85	0.55	3.47	1.30	0.77
25	0.52	0.56	0.62	0.00	0.58	0.56	0.49	0.53	0.63	0.73	0.54	0.50	0.84	0.77	0.84	0.99	1.14	0.98	0.00	0.84	0.63	1.45	1.18	0.79	0.60	3.64	0.51	2.30	1.09	0.69
26	0.53	0.57	0.63	0.00	0.59	0.57	0.49	0.53	0.64	0.74	0.54	0.51	0.86	0.78	0.85	1.01	1.17	1.00	0.00	0.85	0.64	1.49	1.21	0.85	3.64	0.00	0.52	2.41	1.11	0.70
27	0.61	0.66	0.71	0.00	0.69	0.81	0.98	1.53	1.25	1.70	0.66	4.26	1.30	0.55	0.59	0.50	0.47	0.79	0.00	0.60	0.87	0.79	0.70	0.55	0.51	0.52	0.00	0.48	0.40	1.97
28	0.67	0.74	0.84	0.00	0.78	0.75	0.62	0.53	0.58	0.66	0.50	0.47	0.75	1.15	1.33	1.74	2.28	1.72	0.00	1.32	0.88	1.20	1.01	3.47	2.30	2.41	0.48	0.90	2.07	0.63
29	0.72	0.80	0.91	0.00	0.84	0.80	0.66	0.56	0.52	0.58	0.46	0.43	0.65	1.28	1.59	2.06	2.36	0.95	0.00	1.50	0.95	0.97	0.85	1.30	1.09	1.11	0.43	2.07	0.60	0.56
30	0.66	0.73	0.83	0.00	0.77	0.95	1.32	1.61	3.41	12.41	2.17	1.87	1.81	0.77	0.85	0.68	0.62	0.48	0.00	0.85	1.77	1.41	1.09	0.77	0.69	0.70	1.97	0.63	0.51	0.60

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА
ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.3 – Матриця X_7 на першій ітерації балансування

-	1	2	3	ВЛАСНІСТЬ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Сума
1	0	04	60	0	1002	581	122	47	22	191	26	1094	176	62	0	325	132	251	0	95	35	133	367	125	352	873	41	147	29	56	8422	
2	536	0	113	ВЛАСНІСТЬ	0	157	173	133	54	13	130	0	104	338	35	0	244	135	140	0	109	30	106	22	210	93	23	100	147	73	1669	
3	3718	0	0	0	145	150	256	15	74	103	0	1198	150	60	0	336	145	166	0	91	350	147	203	178	507	87	140	178	83	1837		
4	3068	132	60	0	1741	170	173	49	32	163	20	1084	201	60	0	332	161	141	0	95	30	115	233	158	380	88	72	137	133	13	1746	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	2076	48	110	ВЛАСНІСТЬ	0	1582	17	320	17	0	237	10	1438	173	47	0	202	135	136	0	81	22	187	224	147	248	22	137	114	53	1732	
7	1306	26	12	0	1270	1058	0	175	112	340	34	1872	403	51	0	203	103	93	0	67	40	172	113	122	265	638	129	110	3	122	1027	
8	947	18	20	0	812	326	324	3	208	436	30	2618	487	27	0	132	35	30	0	62	15	104	201	140	146	732	17	93	37	164	10126	
9	795	14	20	0	657	180	48	18	0	162	0	2377	35	33	0	135	72	130	0	83	10	205	160	116	383	11	110	74	311	10502		
10	692	12	16	0	1177	250	13	80	639	3	0	200	1634	27	0	135	40	42	0	69	100	141	201	200	330	22	103	126	82	1244	12323	
11	610	11	11	0	479	262	167	88	98	121	0	1292	818	19	0	122	68	678	0	69	46	201	837	117	286	381	1130	95	68	212	20733	
12	292	10	13	ВЛАСНІСТЬ	0	136	134	12	0	3	337	336	134	13	0	104	0	141	0	63	12	181	291	133	131	409	45	39	62	183	9228	
13	780	13	19	0	109	105	104	0	168	127	36	2381	0	32	0	133	83	929	0	123	105	176	162	138	183	113	122	137	37	381	11338	
14	1112	2	32	0	920	410	0	98	48	138	25	929	233	0	0	1294	412	2169	0	13	24	235	881	230	252	1182	92	287	232	37	11344	
15	1798	33	45	0	1275	453	193	12	5	148	30	969	333	264	0	123	200	1884	0	134	26	330	423	310	322	36	33	108	31	1138		
16	1036	20	30	ВЛАСНІСТЬ	0	910	373	84	30	40	154	24	910	233	12	0	111	102	1330	0	243	106	275	1084	200	351	388	26	340	316	33	1213
17	950	17	24	0	955	310	73	33	43	160	24	910	202	36	0	1633	0	3503	0	323	120	344	873	344	353	61	110	433	244	18	14390	
18	630	1	13	0	297	515	54	33	33	177	10	333	313	37	0	305	304	0	0	141	48	303	371	387	647	1399	46	326	1546	33	8503	
19	330	10	13	ВЛАСНІСТЬ	0	229	260	62	38	133	826	20	2390	331	37	0	1307	33	330	0	33	33	344	611	167	360	33	106	72	303	0	306
20	691	12	17	0	137	126	99	27	33	220	20	1073	133	14	0	1508	118	2174	0	0	142	313	1290	233	353	131	12	232	233	30	11211	
21	837	13	27	0	607	283	71	37	36	161	23	812	237	63	0	333	130	1302	0	27	0	317	746	138	387	624	34	130	132	0	8230	
22	746	9	12	ВЛАСНІСТЬ	0	122	225	0	30	51	338	30	1175	21	0	0	201	131	1473	0	295	33	141	167	162	396	3	228	131	131	1450	
23	501	9	11	0	387	168	38	12	0	130	0	1029	33	26	0	137	135	1260	0	20	61	320	16	387	179	333	32	192	131	13	10150	
24	231	9	12	0	330	136	16	27	10	138	20	909	312	28	0	206	162	1312	0	101	38	160	180	0	1607	1038	0	960	201	73	23036	
25	191	8	11	0	274	162	15	23	12	168	24	807	201	23	0	227	131	1373	0	91	33	329	712	1663	0	3648	0	136	106	0	13272	
26	496	9	11	ВЛАСНІСТЬ	0	178	163	113	12	150	20	916	206	36	0	232	13	1363	0	92	30	349	811	1023	308	0	187	133	36	11000		
27	272	10	12	ВЛАСНІСТЬ	0	143	136	0	33	33	30	42	1002	140	18	0	0	0	943	0	14	146	183	236	33	330	33	0	90	33	192	13500
28	694	11	13	0	291	214	98	28	38	182	22	838	20	38	0	305	301	2888	0	143	48	281	623	890	1872	1338	26	0	322	33	13891	
29	673	12	16	ВЛАСНІСТЬ	0	129	200	53	20	30	133	20	903	105	20	0	103	32	1663	0	103	32	229	383	300	340	33	302	0	36	22317	
30	623	1	12	ВЛАСНІСТЬ	0	298	132	113	13	23	282	100	929	33	38	0	130	182	1312	0	92	60	303	731	138	253	363	33	100	29	0	13394

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.4 – Матриця кореспонденцій II, на першій ітерації балансування

Екв. ант.	Екв. ант.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Сум. од.
	Сум. од.	943	15	18	0	612	286	88	47	66	230	14	1781	346	33	0	230	132	1664	0	108	55	231	669	245	658	1336	117	190	155	100	
1	950	0	12	7	3	181	11	5	6	8	3	126	31	7	0	36	18	141	0	74	4	17	15	18	43	92	8	17	13	7	950	
2	13	0	0	0	2	1	9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13	
3	18	0	0	0	7	2	5	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	18	
4	342	101	4	2	0	48	19	3	1	2	5	1	39	8	2	0	2	4	36	0	3	1	4	1	3	11	23	2	4	2	342	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	242	44	1	3	0	54	0	7	2	2	5	1	31	9	1	0	5	3	24	0	2	1	4	10	3	7	16	2	3	2	2	242
7	33	4	0	0	0	4	3	1	0	1	0	6	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	33	
8	105	16	0	0	3	8	3	3	0	3	2	1	23	3	0	0	2	1	9	0	0	0	2	3	1	4	3	2	1	2	105	
9	44	3	0	0	0	3	2	1	1	0	5	0	9	4	0	0	1	0	3	0	0	0	1	3	1	2	4	1	0	0	1	44
10	142	7	0	0	0	6	3	1	1	3	0	1	32	31	0	0	2	1	9	0	1	1	4	9	3	5	1	3	1	1	14	142
11	22	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	14	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	22	
12	1630	147	3	3	0	104	0	1	18	21	38	88	0	13	5	0	30	16	168	0	12	11	47	12	35	83	181	131	23	16	10	1630
13	155	10	0	0	0	8	5	1	1	2	17	1	30	0	0	0	3	1	13	0	2	1	6	14	3	8	16	2	2	1	5	155
14	17	2	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	200	17	0	0	0	13	6	1	1	1	3	0	15	4	2	0	0	16	47	0	4	1	5	11	5	11	23	1	5	5	1	200
17	20	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	5	0	0	0	0	1	0	1	2	0	1	1	0	20
18	1548	115	2	3	3	90	19	10	5	6	25	3	33	39	7	0	21	33	0	0	26	9	38	45	51	118	234	3	59	281	19	1548
19	632	36	1	1	0	28	15	6	4	9	53	5	157	48	1	0	9	5	47	0	5	4	16	39	14	20	35	11	7	5	33	632
20	163	16	0	0	0	8	3	1	0	1	3	0	16	6	1	0	7	6	32	0	0	2	9	19	3	8	17	1	4	3	1	163
21	33	3	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	5	0	0	0	1	3	1	2	3	1	1	0	33	
22	170	6	0	0	4	5	3	1	0	0	4	0	16	8	0	0	3	12	17	0	3	1	4	5	5	11	24	4	3	2	2	170
23	774	38	1	1	0	29	15	4	3	5	21	3	94	40	2	0	18	12	90	0	16	5	116	0	27	59	128	6	15	10	8	774
24	100	2	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	8	0	0	0	2	4	0	19	47	0	3	1	0	100	
25	780	29	0	1	0	23	6	3	1	2	0	3	13	9	1	0	13	9	36	0	3	2	24	43	98	0	266	4	26	10	4	780
26	1778	80	1	2	0	34	26	4	3	3	23	4	148	48	4	0	37	25	304	0	13	6	36	131	140	383	0	16	74	23	11	1778
27	194	8	0	0	0	6	3	1	1	1	6	6	109	6	0	0	2	1	9	0	1	1	3	7	2	5	16	0	1	1	3	194
28	200	9	0	0	0	3	3	1	0	1	2	0	12	4	1	0	6	4	42	0	2	1	4	10	12	22	49	0	5	1	200	
29	133	4	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	1	1	0	3	12	92	0	0	0	0	3	2	4	9	0	0	2	0	0	133
30	43	2	0	0	0	2	1	0	0	1	9	0	10	4	0	0	0	0	3	0	0	0	1	2	1	1	3	1	0	0	0	43
Сум. од.	1690	16	21	0	520	30	02	50	3	3	37	121	4478	421	36	0	266	183	187	0	51	39	64	696	843	129	108	253	393	158	-	-
	Помилка, %	25,9	13,8	33,8	0	19,2	5,1	4,7	6,0	1,3	38,0	17,38	30,6	23,5	9,7	15,8	38,5	48,7	0,0	0,0	7,4	19,1	3,9	143,4	0,0	7,7	61,4	33,4	153,7	57,8	-	-
K ₁	1,35	0,18	0,75	0,00	0,86	0,05	0,06	0,94	0,30	0,72	0,27	1,06	0,82	0,91	0,10	0,86	0,72	1,40	0,00	0,02	1,08	1,00	1,01	0,41	1,09	1,08	0,60	0,75	0,89	0,63	-	-
	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність	Власність

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.5 – Матриця X_2 на другій ітерації балансування

-	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Сума
1	0	0	44	0	433	299	76	45	20	177	0	1291	227	87	0	229	12	1295	0	85	38	153	47	54	387	351	42	11	51	42	8992
2	8846	0	85	0	339	372	125	32	37	136	17	1056	397	73	0	349	78	207	0	98	42	60	35	7	16	36	36	124	58	47	19567
3	1207	21	0	0	892	1798	20	84	27	129	17	2115	309	87	0	233	113	1738	0	80	11	192	177	83	374	923	82	17	8	53	19120
4	4629	36	5	0	352	62	2	91	15	158	0	1154	237	0	0	27	16	1838	0	88	35	150	117	65	736	395	23	13	52	45	14238
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	2907	28	83	0	2867	0	321	82	30	172	15	2511	333	48	0	226	36	1892	0	67	19	182	483	24	318	303	88	98	40	91	12832
7	1759	74	35	0	104	1678	0	63	125	54	70	3668	575	71	0	174	72	154	0	63	43	177	40	57	73	207	79	85	33	84	17563
8	1278	26	1	0	125	300	305	0	383	374	29	4335	608	23	0	100	150	1502	0	62	93	172	321	37	328	19	167	77	32	104	13827
9	1670	8	19	0	882	369	36	9	397	22	321	375	21	0	0	125	35	1061	0	77	89	292	795	36	216	361	82	83	26	278	17996
10	863	7	15	0	375	830	174	64	732	0	33	4798	1826	73	0	147	72	0	0	67	84	34	34	83	267	116	119	64	37	286	15567
11	325	0	11	0	427	249	102	8	80	343	0	22982	423	78	0	166	47	946	0	64	7	277	527	50	394	877	56	7	29	381	20219
12	789	0	1	0	389	775	68	139	35	269	128	334	71	0	0	166	48	1008	0	56	45	180	489	54	533	363	39	67	24	78	9353
13	1621	8	11	0	382	775	68	139	35	269	128	334	71	0	0	166	48	1008	0	139	171	390	489	37	533	238	31	177	39	231	12720
14	1900	12	25	0	890	390	87	36	40	190	9	1838	98	0	0	110	303	3041	0	182	28	238	905	96	892	281	33	89	92	56	12997
15	1758	74	31	0	383	468	29	30	23	103	70	1627	206	79	0	146	72	2641	0	132	32	210	32	87	573	16	36	74	39	12787	
16	1397	21	22	0	102	358	32	34	107	117	9	1485	228	62	0	108	100	3002	0	229	91	236	373	149	694	341	39	218	126	10	13339
17	1274	26	18	0	680	369	72	3	39	122	9	1264	251	70	0	148	3	576	0	377	83	342	833	128	783	357	39	323	173	4	13346
18	856	0	11	0	473	207	32	73	29	90	7	1204	34	74	0	339	302	13	0	13	32	57	35	46	647	363	25	243	69	34	7808
19	317	0	1	0	382	223	84	38	121	299	27	3623	673	20	0	119	63	1672	0	72	5	214	429	62	375	521	93	80	28	32	17728
20	633	7	13	0	614	79	67	24	42	169	0	1738	578	29	0	439	369	3048	0	0	154	343	124	97	553	382	23	89	95	56	12356
21	1130	0	19	0	362	294	68	29	35	173	8	1543	236	64	0	185	115	182	0	239	0	392	375	75	387	892	32	113	32	42	9291
22	746	8	0	0	378	271	82	37	67	243	14	2291	867	27	0	203	146	2069	0	278	23	4827	189	992	2267	89	722	86	83	18962	
23	676	5	0	0	441	189	36	33	69	200	12	2035	357	29	0	253	114	1828	0	199	99	132	35	111	795	382	17	718	92	99	17717
24	917	8	0	0	366	167	48	25	49	138	0	1664	371	21	0	360	129	2331	0	99	42	360	348	69	440	1189	37	236	36	49	24938
25	697	5	8	0	333	143	4	33	37	127	0	1485	237	73	0	186	76	2994	0	84	38	339	874	683	0	5463	56	338	67	4	13044
26	695	5	8	0	337	143	12	34	38	127	9	1490	242	73	0	279	142	3038	0	89	38	349	881	709	2095	0	37	311	68	14	10818
27	791	0	1	0	398	227	9	38	42	283	156	2902	566	7	0	160	48	978	0	163	49	182	469	89	336	774	0	68	25	25	18260
28	856	0	11	0	477	201	32	7	32	119	8	1567	373	33	0	345	147	1007	0	153	32	287	309	346	1573	311	33	0	127	40	14867
29	911	7	12	0	369	294	68	28	37	173	95	1575	238	64	0	168	273	2320	0	189	59	233	389	121	717	179	37	236	0	35	31971
30	846	0	11	0	441	299	1	38	24	204	40	3316	1078	23	0	133	89	1731	0	89	39	277	361	37	233	48	137	96	31	0	15764

Таблиця А.6 – Матриця кореспонденцій H_2 на другій ітерації балансування

Ітерація	ІТР. авт.	1	ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА																														Сума
	Сумм. од.	943	15	18	0	642	280	88	47	66	260	44	744	340	46	0	230	132	1574	0	108	55	254	609	245	654	1389	17	190	155	100		
1	950	0	4	5	0	162	63	12	5	5	12	0	187	24	4	0	40	12	199	0	9	4	16	14	3	49	94	4	12	5	4	950	
2	15	7	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15		
3	18	4	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18		
4	342	119	2	1	0	37	15	3	1	1	3	3	46	6	1	3	7	3	14	0	2	1	1	10	2	5	22	4	3	1	1	342	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	242	53	1	2	0	13	0	6	2	2	3	0	45	7	1	0	1	2	30	0	1	1	3	9	1	7	15	1	2	1	1	242	
7	33	5	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	33		
8	105	11	0	0	0	6	4	0	2	3	0	38	4	0	0	4	1	1	40	0	1	0	3	4	3	7	1	1	0	1	105		
9	44	4	0	0	0	2	1	1	1	0	3	0	13	4	0	0	0	0	4	0	0	0	1	3	0	2	4	0	0	0	1	44	
10	142	9	0	0	0	5	3	1	3	0	0	0	15	0	0	1	1	12	0	0	1	3	8	1	5	0	1	0	8	8	142		
11	22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	22		
12	1640	212	2	3	0	169	62	25	18	20	76	34	0	99	5	0	28	12	251	0	16	13	50	134	15	92	213	83	19	7	33	1640	
13	155	13	0	0	0	2	4	1	1	2	11	0	15	0	0	0	2	1	16	0	1	0	13	1	7	16	1	1	0	3	155		
14	17	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	17		
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16	200	21	0	0	0	12	5	1	1	1	2	0	22	3	2	0	0	10	59	0	3	1	4	11	2	16	23	1	4	2	1	200	
17	20	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	20	
18	1548	168	1	2	0	88	40	16	5	6	18	1	241	34	7	0	67	42	0	0	26	10	40	108	23	128	298	6	49	121	7	1548	
19	632	43	0	1	0	22	12	5	3	7	34	2	231	35	1	0	7	3	59	0	4	3	14	36	4	23	53	6	5	2	18	632	
20	163	12	0	0	0	7	3	1	0	1	3	6	23	4	1	9	6	4	10	0	9	2	8	18	1	7	17	1	2	1	1	163	
21	33	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	1	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	
22	170	8	0	0	0	4	2	1	0	1	3	6	25	6	0	0	3	2	22	0	1	1	0	49	2	16	24	1	2	1	1	170	
23	774	47	0	1	0	24	13	4	2	4	14	1	143	30	2	0	14	8	127	0	14	5	107	0	10	55	128	3	10	4	5	774	
24	100	3	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	4	0	0	0	1	1	11	0	0	0	2	0	18	47	0	2	0	0	100		
25	780	38	0	0	0	16	9	2	1	2	7	0	85	14	1	0	11	6	131	0	5	2	19	43	39	0	32	2	19	4	2	780	
26	1778	110	1	1	0	55	26	7	4	6	20	1	247	40	4	0	33	18	384	0	14	6	57	139	130	394	0	6	56	11	7	1778	
27	194	8	0	0	0	4	2	1	1	1	3	2	141	4	0	0	1	0	40	0	1	0	2	5	4	8	0	1	0	1	194		
28	200	12	0	0	0	6	3	1	0	0	1	0	15	0	0	0	3	3	54	0	2	1	4	16	3	26	49	0	2	1	200		
29	135	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	10	0	1	0	0	3	1	3	7	0	1	0	0	135		
30	43	2	0	0	0	1	1	0	0	1	6	0	16	3	0	0	0	0	3	0	0	0	1	2	0	1	3	0	0	0	0	43	
Сумм. од.	921	14	17	0	622	279	86	47	64	225	45	655	329	32	0	229	131	585	0	107	54	349	663	245	843	1362	120	191	163	97	-		
Нормал. "в"	2,3	4,8	3,7	0,0	6,7	2,7	2,9	1,0	2,4	2,9	2,5	7,3	2,7	2,0	0,0	0,6	0,2	4,6	0,0	1,2	1,4	0,0	0,9	0,0	1,8	2,7	0,3	5,4	2,9	-			

Таблиця А.7 – Матриця кореспонденцій при обсягах руху 11368 авт./год.

ЕРС авт.	ІРР авт.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Сума	1022	16	20	0	698	310	95	51	22	219	18	1934	175	36	0	249	143	1804	0	117	40	254	725	266	713	1503	127	206	168	109
1	1330	0	5	0	0	0	0	13	5	0	13	0	20	26	0	0	32	13	206	0	10	4	18	47	7	44	10	5	13	6	5
2	16	7	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	20	4	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
4	371	129	2	1	0	49	17	4	1	1	4	0	45	6	2	0	8	3	48	0	2	1	4	11	2	10	24	1	3	1	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	262	57	1	2	0	47	0	6	2	2	3	0	49	7	1	0	5	2	32	0	2	1	4	10	1	7	16	1	2	1	1
7	36	5	0	0	0	3	3	0	1	0	1	0	10	1	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0
8	114	12	0	0	0	5	5	3	6	2	3	0	22	4	3	0	1	1	17	0	1	0	2	5	3	3	1	1	0	1	1
9	48	4	0	0	0	2	2	1	1	0	3	0	15	3	0	0	1	0	4	0	0	0	1	3	6	2	4	0	0	0	1
10	154	10	0	0	0	5	3	1	1	3	6	0	53	17	0	0	2	1	13	0	1	1	4	0	1	5	12	1	1	0	9
11	21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
12	1767	230	2	5	0	118	47	27	20	22	82	37	0	167	5	0	30	13	232	0	18	31	56	115	17	100	23	90	20	7	36
13	168	14	0	0	0	7	5	1	1	2	12	0	49	0	0	0	2	1	17	0	1	2	6	14	1	7	17	1	1	0	3
14	18	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	217	23	0	0	0	13	6	1	1	1	2	0	23	3	2	0	0	12	64	0	4	1	5	12	2	11	25	1	4	2	1
17	22	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0
18	1578	183	2	2	0	95	46	11	5	8	20	2	202	37	3	0	23	46	0	28	11	45	117	25	139	23	8	53	131	7	7
19	685	46	0	1	0	24	14	5	4	8	17	2	250	38	1	0	7	3	64	0	5	4	15	49	4	25	57	6	5	2	29
20	177	13	0	0	0	7	3	1	0	1	2	0	25	5	1	0	8	4	44	0	0	2	9	19	1	8	18	1	3	1	1
21	36	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	5	1	0	0	1	0	7	0	1	0	3	6	2	4	0	0	0	0	0
22	184	9	0	0	0	4	5	1	0	0	3	0	23	7	0	0	3	2	24	0	3	1	6	53	2	0	24	1	2	1	1
23	839	51	0	1	0	26	14	4	2	4	15	1	155	33	2	0	16	9	138	0	15	5	116	0	11	59	138	4	11	4	5
24	108	3	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	7	1	0	0	1	1	12	0	0	0	2	4	0	10	5	0	2	0	0
25	846	41	0	1	0	21	10	3	1	2	8	1	93	15	0	0	12	7	42	0	5	2	21	51	12	0	59	2	20	4	3
26	1928	119	1	1	0	60	28	7	4	7	27	2	267	43	4	0	36	20	417	0	15	7	63	150	131	417	6	61	12	8	8
27	210	9	0	0	0	5	3	1	1	1	3	2	145	4	0	0	1	1	10	0	1	1	2	6	1	4	9	0	1	0	1
28	217	13	0	0	0	7	3	1	0	1	2	0	20	3	1	0	5	3	59	0	2	1	4	10	5	12	23	0	0	2	1
29	146	4	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	6	1	0	0	2	1	109	0	1	0	3	1	3	8	0	1	0	0	0
30	47	3	0	0	0	1	1	0	0	1	6	0	17	3	0	0	0	0	4	0	0	0	1	2	0	1	3	0	0	0	0

Таблиця А.8 – Матриця кореспонденцій при обсягах руху 12144 авт./год.

Л/С, авт.	ВР, авт	1	ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА																													
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	Сума	1092	17	21	0	714	331	402	54	27	260	51	2040	401	38	0	260	153	1927	0	125	61	271	773	284	702	1008	136	220	179	116	
1	1100	0	5	5	0	176	74	14	5	0	14	216	28	5	0	34	14	220	0	11	5	5	51	8	17	408	5	14	5	5		
2	17	8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
3	21	5	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
4	396	138	5	1	0	43	18	3	1	1	3	53	6	2	0	8	3	51	0	2	1	4	12	2	11	25	1	3	1	1	1	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	280	61	1	2	0	50	0	7	2	2	4	0	53	8	1	0	5	2	35	0	2	1	4	11	1	8	17	1	2	1	1	1
7	38	6	0	0	0	4	3	0	1	0	4	0	13	1	0	0	4	0	1	0	0	0	1	2	0	1	2	0	0	0	0	0
8	122	13	0	0	0	7	5	5	0	2	3	0	45	4	0	0	1	1	12	0	1	0	2	2	1	4	8	1	1	0	1	1
9	51	5	0	0	0	3	2	1	1	0	3	0	15	3	0	0	1	0	5	0	0	0	1	3	0	2	4	0	0	0	1	1
10	165	11	0	0	0	6	3	1	1	3	0	0	75	18	0	0	2	1	14	0	1	1	2	10	1	6	13	1	1	0	0	0
11	26	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
12	1888	246	2	3	0	126	72	29	21	23	88	40	0	114	5	0	32	14	291	0	19	15	58	155	18	107	247	98	22	8	38	38
13	179	15	0	0	0	8	5	1	2	13	0	53	0	0	0	2	1	18	0	2	2	2	15	8	18	1	2	1	3	1	3	1
14	19	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	232	24	0	0	0	14	6	1	1	0	2	0	25	4	2	0	30	12	69	0	4	1	5	12	2	11	26	1	4	2	1	1
17	24	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	8	0	0	0	1	6	1	3	0	0	0	0	0	0
18	1793	195	1	3	0	102	46	12	5	7	21	2	280	40	8	0	78	49	0	0	30	12	48	125	27	149	346	7	56	140	8	8
19	732	50	0	1	0	25	14	6	3	8	40	2	267	41	1	0	8	3	69	0	5	4	16	42	4	25	41	7	5	2	21	21
20	189	14	0	0	0	8	3	0	0	0	2	0	33	5	0	0	3	5	47	0	0	2	10	2	8	30	1	3	1	1	1	1
21	38	5	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	6	1	0	0	1	0	8	0	1	0	1	3	0	2	4	0	0	0	0	0
22	197	9	0	0	0	5	3	0	0	0	3	0	20	7	0	0	3	2	26	0	3	1	0	57	2	12	28	1	2	1	1	1
23	896	55	0	0	0	28	15	5	3	5	16	1	165	45	2	0	17	4	148	0	16	5	23	0	12	63	148	4	12	4	6	6
24	115	3	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	7	1	0	0	1	1	12	0	0	0	2	5	0	21	55	0	2	0	0	0
25	904	44	0	1	0	22	10	3	2	2	8	1	98	16	2	0	13	7	152	0	8	2	12	55	45	0	162	2	22	4	3	3
26	2060	127	2	0	0	61	30	8	4	7	23	2	286	46	1	0	38	20	435	0	16	7	68	161	160	356	0	7	65	13	8	8
27	224	9	0	0	0	5	3	1	1	1	3	2	155	5	0	0	1	1	11	0	1	1	2	6	1	4	10	0	1	0	2	2
28	232	13	0	0	0	7	3	0	0	0	2	0	20	3	1	0	5	3	63	0	2	1	4	11	5	21	57	1	0	2	1	1
29	156	5	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	117	0	1	0	1	3	1	4	8	0	1	0	0	0	0
30	50	3	0	0	0	1	1	0	0	1	7	0	18	4	0	0	0	0	4	0	0	0	1	3	0	1	3	0	0	0	0	0

Таблиця А.9 – Матриця кореспонденцій при обсягах руху 12745 авт./год.

Л/С, авт.	ЕР, авт.	1	ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА																													
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
	Сума	1146	18	22	0	781	317	107	57	21	279	54	2168	421	40	0	279	161	2022	0	131	67	281	813	208	800	1685	113	231	188	122	
1	1154	0	8	6	0	185	77	15	6	0	15	22	29	7	0	36	14	231	0	11	5	36	23	8	49	113	5	14	7	5		
2	18	8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
3	22	5	0	0	0	7	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
4	416	114	2	1	0	45	19	4	1	1	2	0	52	7	2	0	8	3	51	0	3	1	5	12	2	1	26	1	3	2	1	
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	294	61	1	2	0	53	0	7	2	2	1	0	55	8	1	0	5	2	36	0	2	1	4	11	1	8	18	1	2	1	1	
7	40	6	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	5	0	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0		
8	128	14	0	0	0	8	3	3	0	2	3	0	47	4	0	0	2	1	19	0	1	1	2	1	4	0	1	1	0	1	1	
9	54	5	0	0	0	3	2	1	1	0	4	0	16	3	0	0	1	0	5	0	0	0	1	3	0	2	4	0	0	0	1	
10	173	11	3	0	0	6	2	1	3	0	0	0	59	19	0	2	2	15	0	1	1	4	10	1	4	10	1	1	0	10	0	
11	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
12	1981	258	2	3	0	132	75	30	22	24	92	42	0	120	6	0	34	15	405	0	20	15	61	163	19	112	259	101	23	8	40	
13	188	15	0	0	0	8	5	1	1	2	11	0	55	0	0	0	2	7	19	0	2	2	7	16	8	10	1	2	1	1	1	
14	20	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	5	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	243	25	0	0	0	15	5	1	1	3	2	0	27	4	2	0	0	14	72	0	4	1	5	13	2	12	28	1	5	2	1	1
17	25	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	8	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
18	1882	205	2	3	0	107	49	13	6	7	22	2	293	42	8	0	82	51	0	0	32	12	50	131	28	156	363	7	59	147	8	0
19	768	52	1	0	0	27	15	6	4	8	42	3	260	43	1	0	8	4	72	0	5	4	17	44	8	28	64	7	6	2	22	0
20	198	15	0	0	0	8	4	1	0	1	3	0	29	5	1	0	7	5	40	0	0	2	0	22	3	9	21	1	3	1	1	0
21	40	5	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	6	1	0	0	1	1	8	0	1	0	1	3	0	2	4	0	0	0	0	0
22	207	10	0	0	0	5	2	0	0	3	0	0	30	7	0	0	3	2	27	0	4	1	0	10	3	19	1	2	1	1	1	0
23	940	58	1	1	0	29	16	3	3	2	17	1	174	47	2	0	17	19	155	0	16	6	136	0	12	60	126	4	12	4	6	0
24	121	3	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	8	1	0	0	1	1	13	0	0	0	2	5	0	22	57	0	2	0	0	0
25	919	46	1	1	0	23	11	3	2	4	8	1	103	17	2	0	14	8	159	0	6	3	24	57	47	0	30	2	23	5	3	0
26	3162	134	2	0	0	67	31	8	5	8	25	2	300	48	5	0	20	22	467	0	17	8	70	169	158	479	0	7	69	14	0	0
27	235	10	0	0	0	5	3	1	1	1	4	2	163	5	0	0	1	1	12	0	1	1	2	6	1	4	10	0	1	0	2	0
28	243	14	0	0	0	7	3	1	0	1	2	0	26	3	1	0	6	1	66	0	2	1	5	12	6	25	59	1	0	2	1	0
29	164	5	1	0	0	3	1	0	0	0	1	0	7	1	0	0	2	1	122	0	1	0	1	3	1	4	0	0	2	0	0	0
30	53	3	0	0	0	2	1	0	0	1	7	0	19	4	0	0	0	0	4	0	0	0	1	3	0	2	2	0	0	0	0	0

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Таблиця А.10 – Матриця кореспонденцій при обсягах руху 13080 авт./год.

Ш.Д. авт.	ЕР, авт	ВЛАСНІСТЬ ХНУМГІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА																													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Сума	1176	18	23	0	802	356	110	59	83	286	55	1226	432	41	0	286	165	2076	0	134	69	292	835	306	821	1730	147	237	193	122
1	1185	0	3	6	0	189	79	13	6	7	17	0	253	30	7	0	37	15	237	0	11	5	26	55	8	50	146	6	15	7	6
2	18	8	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
3	23	5	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
4	437	148	3	1	0	46	19	4	1	2	4	0	54	7	2	0	9	3	55	0	3	1	5	13	2	12	27	1	3	2	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	362	66	1	2	0	54	6	7	2	2	4	0	57	8	1	0	5	2	37	0	2	1	4	11	1	8	19	1	2	1	1
7	41	6	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	5	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
8	131	14	0	0	0	8	6	3	0	2	3	0	48	4	0	0	2	1	19	0	1	1	2	0	1	9	1	1	0	0	1
9	55	8	0	0	0	3	2	1	1	0	4	0	17	3	0	0	1	0	5	0	0	0	1	3	0	2	5	0	0	0	1
10	178	11	0	0	0	6	4	2	1	2	6	0	61	20	0	0	2	15	0	1	1	4	11	1	6	14	2	1	0	0	10
11	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
12	2034	265	2	3	0	136	77	31	23	25	94	43	0	123	6	0	34	15	313	0	20	16	63	167	19	115	266	104	23	9	41
13	193	16	0	0	0	8	6	2	1	2	11	0	57	0	0	0	3	1	30	0	2	2	7	16	3	20	1	2	1	1	1
14	21	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	1	6	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	349	26	0	0	0	15	6	2	1	1	2	0	28	4	2	0	0	18	74	0	4	1	5	13	2	12	28	1	5	2	1
17	26	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	8	0	1	0	1	1	0	3	0	1	0	0	0
18	1932	210	2	3	0	110	50	13	6	7	23	2	301	43	8	0	84	52	0	0	32	13	51	134	29	169	372	7	61	151	8
19	788	53	0	1	0	27	16	0	4	0	43	2	288	44	1	0	8	4	74	0	5	0	12	45	8	29	66	7	6	2	23
20	203	15	0	0	0	8	1	1	0	0	3	0	29	5	1	0	3	5	50	0	0	3	0	3	0	20	1	3	2	1	1
21	41	5	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	6	1	0	0	1	1	8	0	1	0	1	3	0	2	2	0	1	0	0
22	212	10	0	0	0	5	0	0	0	0	3	0	3	8	0	0	3	2	28	0	4	1	0	61	1	3	30	1	2	1	1
23	965	59	0	1	0	30	17	5	2	2	17	1	178	48	2	0	18	19	159	0	17	6	133	0	13	68	159	4	13	5	6
24	124	1	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	8	1	0	0	1	1	13	0	0	0	2	5	0	22	59	0	2	0	0
25	973	47	0	1	0	24	11	3	2	3	9	1	106	17	2	0	14	8	164	0	6	3	24	59	0	300	3	23	5	3	
26	2219	137	2	0	0	69	32	9	5	0	35	2	308	50	5	0	41	23	436	0	18	8	72	173	162	091	0	7	70	14	9
27	341	10	0	0	0	5	3	1	1	1	4	2	167	5	0	0	1	1	12	0	1	1	2	6	1	4	10	0	1	0	2
28	249	14	0	0	0	8	2	0	0	0	2	0	28	4	1	0	6	1	68	0	2	1	5	12	0	25	61	1	0	2	1
29	168	5	0	0	0	3	1	0	0	0	1	0	3	1	0	0	2	1	126	0	1	0	1	3	1	4	0	0	2	0	0
30	54	3	0	0	0	2	1	0	0	1	7	0	20	4	0	0	0	0	4	0	0	0	1	3	0	2	4	0	0	0	0

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ВЛАСНІСТЬ ХНУМГ ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

ДОДАТОК Б

Таблиця Б.1 Показники функціонування транспортної мережі за обсягів руху 10485 та 11368 авт./год.

Ділянка	10485 авт./год.			11368 авт./год.		
	Транс- портні витрати V , грн.	Пробіг в транспорт- ній мережі L , авт.-км.	Витрати часу T , авт.-год.	Транс- портні витрати V , грн.	Пробіг в транспорт- ній мережі L , авт.-км.	Витрати часу T , авт.-год.
1	2	3	4	5	6	7
18-19	2941,24	185,19	2,58	3193,56	168,23	3,26
29-18	3011,57	158,83	2,64	3269,50	172,14	3,34
28-19	5411,03	287,85	4,31	6785,62	360,68	5,40
29-18	6309,57	335,47	5,03	7065,52	375,48	5,63
24-28	5508,69	292,25	4,51	5956,65	315,80	5,18
28-14	5337,64	283,25	4,37	6178,47	327,44	5,37
24-26	3281,04	173,50	3,03	3559,65	187,99	3,28
26-24	4307,46	226,59	4,44	4678,92	245,60	4,82
24-25	2544,38	124,17	5,62	2772,84	134,33	6,59
25-14	2338,95	114,89	4,98	2554,24	124,64	5,88
22-24	7365,67	365,70	14,57	7368,02	365,81	14,58
24-12	9472,59	461,95	21,48	10396,54	511,74	25,62
13-22	7416,08	365,97	15,30	7482,86	369,04	15,63
22-13	10079,08	485,06	24,87	10850,94	518,57	28,02
10-13	5037,57	252,66	9,24	5460,51	272,38	10,37
13-10	3185,49	163,50	4,48	3429,75	175,36	5,08
10-30	1300,32	66,82	1,85	1404,28	71,99	1,99
30-10	2278,23	114,07	4,34	2471,55	128,04	4,68
11-30	8356,93	425,69	12,85	9058,38	459,73	14,51
30-11	8275,79	421,73	12,73	8954,91	454,73	14,35
11-27	242,52	12,41	0,37	259,33	13,26	0,39
27-11	396,00	20,10	0,65	453,38	21,96	0,71
8-9	183,68	9,47	0,24	198,52	10,24	0,26
9-8	99,89	5,16	0,13	97,94	5,06	0,13
9-10	205,95	10,61	0,28	216,44	11,14	0,29
10-9	269,97	13,88	0,37	279,63	14,38	0,38
7-9	103,21	5,33	0,13	109,21	5,64	0,14
9-7	182,44	9,42	0,24	178,65	9,22	0,24
6-16	1176,01	61,61	1,24	1247,58	65,35	1,31

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7
13-6	2315,96	121,32	2,48	2387,45	124,95	2,55
20-21	573,45	29,80	0,69	665,73	34,57	0,80
21-20	1318,67	68,17	1,71	1800,37	92,70	2,47
13-21	4643,04	245,04	4,31	5490,78	289,53	5,24
21-15	2602,97	137,52	2,33	2825,73	149,25	2,63
19-30	2419,91	125,23	2,98	2626,98	135,71	3,43
11-12	4197,16	216,78	3,52	4567,54	235,03	6,48
12-11	4129,27	213,42	5,43	4495,51	231,50	5,89
8-11	5304,15	279,83	4,94	5793,35	305,48	5,40
11-8	5471,20	288,59	5,10	5989,22	315,75	5,74
7-8	2510,26	130,49	2,93	2744,47	142,49	3,35
8-7	2832,05	146,96	3,45	3103,08	160,78	3,94
6-7	2728,19	141,64	3,35	2973,11	154,15	3,64
7-6	2815,88	146,12	3,45	3073,92	159,28	3,77
3-6	2020,13	104,54	2,68	2199,84	113,59	2,92
6-3	2183,69	112,57	2,90	2355,49	121,18	3,12
2-3	1815,49	94,06	2,31	1968,21	101,82	2,50
3-2	2989,37	152,83	4,28	3254,42	165,82	4,94
1-2	2671,72	136,67	3,96	2902,73	148,00	4,29
2-1	2585,72	132,42	4,84	2811,65	143,54	4,16
3-5	1165,79	60,35	1,56	1263,06	65,27	1,68
4-2	742,05	38,71	0,85	803,79	41,90	0,93
15-3	8338,33	402,85	20,05	9203,04	440,39	23,63
2-14	5592,05	288,31	7,42	6081,66	312,84	8,28
16-15	3275,59	159,04	7,67	3593,91	173,03	8,89
14-16	3547,12	185,75	3,72	3838,57	200,71	4,32
16-17	2905,34	147,82	4,49	3154,64	159,89	5,18
17-16	2599,08	132,86	3,77	2836,87	144,49	4,39
14-15	14,13	0,74	0,01	13,30	0,70	0,01
15-14	687,38	35,88	0,77	733,10	38,25	0,82
17-29	6707,17	324,35	15,99	6501,23	315,27	15,30
29-17	5653,85	267,31	15,73	5963,67	280,44	16,95
17-20	2628,51	136,81	3,13	2668,87	138,88	3,17
20-17	2788,69	145,04	3,32	3329,60	172,75	4,10
20-22	2881,48	150,05	3,32	2926,47	152,37	3,37
22-20	1971,87	102,98	2,20	2199,67	114,80	2,45
22-23	1973,71	102,03	2,58	2136,61	110,26	2,78

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7
23-22	2314,72	119,20	1,23	2514,78	129,20	3,50
17-28	3083,17	160,73	3,56	4640,50	240,76	5,64
28-17	4398,96	221,83	7,58	4832,28	242,64	8,60
Всього	228018,27	11629,32	346,45	249378,54	12690,50	388,65

Таблиця Б.2 Показники функціонування транспортної мережі за обсягів руху 12144 та 12745 авт./год.

Ділянка	12144 авт./год.			12745 авт./год.		
	Транс- портні витрати I, грн.	Пробіг в транспорт- ній мережі I, авт.-км.	Витрати часу I, авт.-год.	Транс- портні витрати I, грн.	Пробіг в транспорт- ній мережі I, авт.-км.	Витрати часу I, авт.-год.
18-29	3425,65	180,16	3,49	3598,02	188,98	3,67
29-18	3507,83	184,37	4,58	3680,51	193,19	3,75
28-29	7244,91	384,97	5,77	7611,57	404,34	6,06
29-28	7294,42	387,59	5,81	7339,10	389,95	5,84
24-28	6350,30	336,45	5,52	6692,31	354,36	5,81
28-24	6715,60	355,58	5,83	7051,55	373,14	6,12
24-26	3812,99	201,12	3,51	4003,00	210,93	3,68
26-24	5004,80	262,17	5,14	5277,05	275,95	6,01
24-25	2991,46	143,91	7,33	3155,07	150,98	7,97
25-24	2746,16	133,16	6,53	2903,61	140,08	7,13
22-24	7343,52	364,67	14,35	7728,71	382,56	15,64
24-22	11018,62	530,17	27,36	11668,97	558,27	29,95
13-22	7519,35	370,71	15,70	7922,07	389,11	16,92
22-13	11893,25	562,52	32,61	12591,44	591,57	35,94
10-13	5881,40	291,74	11,55	6241,19	308,08	12,67
13-10	3706,34	188,92	5,76	3906,61	198,67	6,05
10-30	1511,44	77,28	2,14	1587,61	81,02	2,52
30-10	2661,35	131,73	5,46	2824,58	139,11	5,77
11-30	9733,01	492,17	16,20	10308,63	519,67	17,83
30-11	9651,59	488,27	16,08	10139,34	511,57	17,19
11-27	279,88	14,29	0,42	290,16	14,81	0,44
27-11	462,72	23,41	0,75	485,84	24,55	0,79
8-9	215,04	11,00	0,28	232,55	11,99	0,32

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6	7
9-8	130,84	6,75	0,17	130,41	6,73	0,17
9-10	219,89	11,32	0,30	233,42	12,01	0,32
10-9	301,54	15,50	0,41	315,49	16,21	0,45
7-9	112,55	5,81	0,15	112,55	5,81	0,15
9-7	297,30	10,70	0,27	216,34	11,16	0,29
6-13	1350,47	70,74	1,42	1403,81	73,53	1,48
13-6	2693,00	140,90	2,88	2826,45	147,87	3,07
20-21	728,15	37,80	0,90	764,65	39,69	0,94
21-20	2154,10	110,55	2,02	2247,40	115,24	3,23
13-21	6414,11	337,85	6,12	6826,22	359,37	6,70
21-15	3243,49	171,24	3,02	3483,46	183,85	3,24
19-30	2811,75	145,02	3,66	2957,73	152,35	4,06
11-12	4900,20	251,27	6,93	5154,48	263,58	7,83
12-11	4819,43	247,34	6,82	5067,71	259,39	7,15
8-14	6141,79	323,74	5,88	6430,64	338,85	6,16
11-8	6366,48	335,49	6,10	6579,23	346,62	6,30
7-8	2892,46	150,05	3,53	3044,61	157,81	3,71
8-7	3291,41	170,55	4,18	3416,77	176,71	4,33
6-7	3146,44	162,97	4,02	3308,97	171,22	4,22
7-6	3275,14	169,51	4,18	3399,78	175,83	4,34
3-6	2323,54	119,58	3,08	2453,95	126,10	3,48
6-3	2542,35	130,49	3,60	2649,64	135,82	3,74
2-3	2097,36	108,35	2,66	2209,13	113,99	2,99
3-2	3489,29	176,79	5,57	3635,90	184,31	5,81
1-2	3112,52	158,21	4,89	3270,17	165,84	5,12
2-1	3029,72	153,75	4,75	3171,90	161,09	4,98
3-5	1355,34	69,93	1,80	1426,75	73,52	1,90
4-2	854,22	44,50	0,98	898,13	46,77	1,03
15-3	9771,09	464,63	26,13	10349,90	489,00	28,77
2-14	6486,96	333,04	9,05	6736,09	345,40	9,63
16-15	3795,42	181,75	9,62	4022,05	191,44	10,73
14-16	4183,85	218,44	4,71	4400,39	229,55	4,94
16-17	3444,71	173,77	5,98	3631,08	182,61	6,29
17-16	2991,74	152,02	4,62	3157,29	160,01	5,19
14-15	13,30	0,70	0,01	15,52	0,81	0,02
15-14	841,41	43,85	0,94	910,26	47,41	1,02
12-19	7031,30	338,53	17,23	7408,80	354,88	18,91

Продовження табл. Б.2

1	2	3	4	5	6	7
29-17	6687,10	310,59	20,27	7377,60	339,11	22,43
17-20	3100,34	161,03	3,68	3250,00	168,69	4,00
20-17	3700,00	191,62	4,72	3867,29	200,12	4,93
20-22	3412,97	177,38	4,06	3586,30	186,26	4,26
22-20	2301,37	120,07	2,57	2405,40	125,46	2,68
22-23	2302,12	118,57	3,21	2412,90	124,12	3,36
23-22	2697,73	138,28	3,74	2828,62	144,75	4,18
17-28	5395,36	279,17	6,89	5675,27	293,34	7,24
28-17	5166,10	258,54	9,49	5149,54	257,76	9,46
Всього	268283,42	13615,15	429,35	282059,51	14274,56	464,30

Таблиця Б.3 – Показники функціонування транспортної мережі за обсягом руху 13080 авт./год.

Ділянка	13080 авт./год.		
	Транспортні витрати V , грн.	Пробіг в транспортній мережі L , авт.·км.	Витрати часу T , авт.·год.
1	2	3	4
18-29	3690,35	193,69	3,76
29-18	3780,90	198,30	3,85
28-29	7821,48	415,43	6,46
29-28	7524,80	399,77	5,99
24-28	6866,97	363,50	5,96
28-24	7220,58	381,96	6,26
24-26	4111,83	216,54	3,78
26-24	5418,78	283,07	6,17
24-25	6237,69	164,51	8,46
25-24	2991,46	143,91	7,33
27-24	7952,49	392,89	6,16
24-22	11998,25	572,37	31,29
18-22	8138,38	398,40	17,77
22-13	12962,19	606,83	37,88
10-13	6404,32	315,46	13,45
13-10	4011,91	203,77	6,52
10-30	1634,33	83,30	3,59
30-10	2897,67	142,38	6,40
11-30	10571,19	532,07	18,25

Продовження табл. Б.3

1	2	3	4
30-11	10449,36	526,30	18,05
11-27	302,53	15,43	0,46
27-11	494,27	24,96	0,80
8-9	235,95	12,16	0,32
9-8	129,86	6,70	0,17
9-10	239,72	12,34	0,33
10-9	336,23	16,76	0,46
7-9	130,60	6,74	0,17
9-7	222,76	11,49	0,29
6-13	1451,12	76,01	1,53
13-6	2911,56	152,30	3,17
20-21	786,51	40,81	0,97
21-20	2300,26	117,89	3,30
13-21	6992,64	368,05	6,86
21-13	3563,74	188,07	3,31
19-30	3036,85	156,31	4,16
11-12	5304,15	270,78	8,04
12-11	5208,83	266,20	7,91
8-11	6616,16	348,55	6,33
11-8	6760,93	356,12	6,47
7-8	3133,90	162,35	3,98
8-7	3506,51	181,26	4,45
6-7	3421,02	176,90	4,36
7-6	3489,01	180,34	4,45
3-6	2532,49	130,00	3,58
6-3	2710,90	138,85	3,85
2-3	2275,34	117,32	3,08
3-2	3730,13	188,84	6,28
1-2	3362,82	170,29	5,59
2-1	3255,26	166,12	5,10
3-5	1461,57	75,26	1,94
4-2	928,91	48,35	1,07
15-3	10663,26	502,05	39,18
2-14	6928,85	354,95	9,96
16-15	4142,05	196,52	11,32
14-16	4526,26	235,73	5,08
16-17	3731,03	187,32	6,83

Продовження табл. Б.3

1	2	3	4
17-16	6341,87	164,06	5,32
14-15	17,74	0,93	0,02
15-14	932,31	48,54	1,04
17-29	7628,52	364,31	19,70
29-17	7372,95	347,02	24,56
17-20	3337,89	173,18	4,11
20-17	3981,02	205,88	5,07
20-22	3674,64	190,78	4,51
22-20	2486,37	129,65	2,87
22-23	2474,61	127,20	3,44
23-22	2913,05	148,91	4,30
17-28	5831,55	301,24	7,62
28-17	5301,84	264,97	6,89
Всього	289882,65	14650,28	485,91

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 Визначення виду рівняння "зміни" транспортних витрат залежно від обсягів руху

Polynomial Regression - V versus Q

Dependent variable: V

Independent variable: Q

Order of polynomial = 2

Number of observations = 5

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	-68577.3	18216.7	-3.76452	0.0639
Q	31.8299	3.10705	10.2444	0.0094
Q^2	-0.00033828	0.000151747	-2.56764	0.1241

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	2.52167E9	2	1.26083E9	30930.11	0.0000
Residual	81527.8	2	40763.9		
Total (Corr.)	2.52175E9	4			

R-squared = 99.9968 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 99.9935 percent

R-squared (predicted) = 99.9518 percent (PRESS = 1.21629E6)

Standard Error of Est. = 201.901

Mean absolute error = 102.393

Durbin-Watson statistic = 3.47483 (P=0.8729)

Lag 1 residual autocorrelation = -0.751738

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a second order polynomial model to describe the relationship between

V and Q. The equation of the fitted model is

$$V = -68577 + 31.83 \cdot Q - 0.0003 \cdot Q^2$$

Таблиця В.2 – Визначення виду рівняння зміни пробігу в транспортній мережі залежно від обсягів руху

Polynomial Regression - L versus Q

Dependent variable: L

Independent variable: Q

Order of polynomial = 2

Number of observations: 5

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	-4538,93	998,233	-4,54697	0,0451
Q	1,84419	0,170259	10,8317	0,0084
Q^2	-0,000028859	0,00000721945	-3,99462	0,0573

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	6,00887E6	2	3,00443E6	24545,02	0,0000
Residual	244,81	2	122,405		
Total (Corr.)	6,00911E6	4			

R-squared = 99,9959 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 99,9919 percent

R-squared (predicted) = 99,9504 percent (PRESS = 2981,46)

Standard Error of Est. = 11,0637

Mean absolute error = 5,89153

Durbin-Watson statistic = 3,54855 (P = 0,9203)

Lag 1 residual autocorrelation = -0,787808

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a second order polynomial model to describe the relationship between

L and Q. The equation of the fitted model is

$$L = -4539 + 1,8442 * Q - 0,00003 * Q^2$$

Таблиця В.3 – Визначення виду рівняння зміни витрат часу залежно від обсягів руху

Polynomial Regression - T versus Q

Dependent variable: T

Independent variable: Q

Order of polynomial = 2

Number of observations: 5

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	264,109	26,524	9,95739	0,0099
Q	-0,0285681	0,00452394	-6,31487	0,0242
Q ²	0,0000034745	1,91827E-7	18,1126	0,0030

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	12630,6	2	6315,3	73077,24	0,0000
Residual	0,172839	2	0,0864195		
Total (Corr.)	12630,8	4			

R-squared = 99,9986 percent

R-squared (adjusted for d.f.) = 99,9973 percent

R-squared (predicted) = 99,9666 percent (PRESS = 4,2196)

Standard Error of Est. = 0,293972

Mean absolute error = 0,167731

Durbin-Watson statistic = 2,83904 (P=0,2787)

Lag 1 residual autocorrelation = -0,494512

The StatAdvisor

The output shows the results of fitting a second order polynomial model to describe the relationship between

T and Q. The equation of the fitted model is

$$T = 264,1 - 0,0285 * Q + 0,0000034 * Q^2$$